

# The room bottom.

---

ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE  
BASADO EN PROYECTOS Y PROPUESTA DE  
ACTIVIDADES.

Martín Pérez Estébanez

UNIVERSIDAD DE BURGOS | TUTOR: MIGUEL ÁNGEL QUEIRUGA DIOS

# *Contenido*

Introducción .....	1
Objetivos del trabajo.....	1
Nanotecnología, ¿por qué?.....	1
Aprendizaje Basado en Proyectos, ¿para qué?.....	3
¿Qué es el ABP?.....	3
¿En qué consiste el ABP?.....	4
Historia del proyecto.....	5
Contenidos del blog.....	6
Propuesta de actividades .....	8
Colaboración con otros proyectos. Construcción de materiales didácticos. ....	8
Objetivos de la actividad .....	8
Competencias desarrolladas .....	8
Nos ponemos al día: ¿En qué consiste Diversidad Impresa? .....	9
La impresión 3D: una oportunidad para el aprendizaje.....	10
¿Qué es FabLab Burgos? .....	12
Desarrollo de la actividad.....	13
Narración del proyecto mediante vídeos.....	14
Objetivos de la actividad .....	15
Competencias clave desarrolladas .....	15
Desarrollo de la actividad.....	16
Aprendizaje mediante nanobiotecnología .....	17
Objetivos de la actividad .....	18
Competencias desarrolladas .....	18
Desarrollo de la actividad.....	18
Conclusiones .....	21
Valoración personal .....	22
Agradecimientos .....	23
Bibliografía y referencias.....	23
Anexo I.....	25

## Introducción

Creo que aquí cabe una presentación. Mi nombre es Martín Pérez, y soy el autor del documento que está usted leyendo en estos instantes, el cual le presento como mi trabajo de fin de Máster.

Durante este último curso 2016-2017, he sido alumno del *Máster Universitario en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas* impartido por la Universidad de Burgos, en la especialidad de *Física y Química*. En el transcurso de este título he podido reflexionar largamente acerca de una gran cantidad de temas concernientes a la educación: no era extraño vernos a mis compañeros y a mí mismo debatiendo acerca de la mejor manera de enseñar uno u otro concepto, cuál es la forma más justa de evaluar o pensando nuevas actividades para ilustrar determinados contenidos, comenzando el debate en las aulas y llevándolo hasta los bares frente a la facultad. Pues bien, en este trabajo pretendo compartir con usted las lecciones aprendidas a raíz de esas enriquecedoras conversaciones que he mantenido con mis compañeros, junto con las aptitudes y competencias que he adquirido a lo largo de esta experiencia que ha resultado ser el mencionado máster.

Para poner en práctica los conocimientos que he adquirido a lo largo de este curso, he decidido realizar un pequeño análisis sobre un proyecto educativo muy concreto. Dicho proyecto está siendo llevado a cabo por un grupo de estudiantes del colegio Jesús-María de Burgos bajo la tutoría del Dr. Miguel Ángel Queiruga, y todos juntos colaboran en la realización de un blog sobre **nanotecnología** llamado *The room bottom*<sup>1</sup> (Queiruga y otros, 2017). En dicho blog, los alumnos han ido publicando durante los últimos meses una gran cantidad de noticias relacionadas con los últimos avances en nanotecnología, junto con varias experiencias, modelos 3D o actividades que han realizado durante este curso.

El proyecto ha resultado ser verdaderamente interesante, con una involucración por parte de los alumnos muy notable, un producto de calidad reconocida como es el mencionado blog y un gran desarrollo de las capacidades y competencias de los alumnos, como se comentará más adelante.

Durante el presente trabajo, hablaré más de la historia de este proyecto, sus orígenes, sus objetivos, sus logros y también sobre mi modesta aportación a este proyecto.

## Objetivos del trabajo

- Analizar el resultado del proyecto *The room bottom*, atendiendo a las capacidades que han desarrollado los alumnos durante la realización del mismo.
- Proponer nuevas actividades que podrían encajarse en el aprendizaje basado en proyectos.

## Nanotecnología, ¿por qué?

Comencemos a meternos en materia. ¿Por qué realizar un proyecto sobre nanotecnología? Si observamos el currículo oficial de Castilla y León (Orden EDU/362/2015) de las asignaturas de Física y Química, Biología o Ciencias aplicadas a la actividad profesional, en ningún momento se incluye de manera explícita un apartado llamado “nanotecnología” o “tecnología molecular”. Si lo analizamos de manera estricta, esta rama del conocimiento no está recogida dentro de los

---

<sup>1</sup> Si bien durante la lectura del presente trabajo o al finalizar la misma, desea visitar el blog del proyecto, puede hacerlo usando la siguiente URL: <https://theroombottom.wordpress.com/>

mínimos legales que han de impartir los profesores de nuestra comunidad autónoma. Si esto es así, ¿Por qué invertir un tiempo para nada despreciable en realizar un proyecto con esta temática? ¿Acaso sobra tiempo durante el curso docente?

La respuesta, como usted podrá imaginar, es que no sobra un ápice de tiempo durante el curso escolar, sino todo lo contrario. La razón por la que se planteó un proyecto basado en la nanotecnología fue por una razón muy simple: su gran multidisciplinaridad.



Richard Philips Feynman. Imagen rescatada de blogs.scientificamerican.com

Ha llegado el momento. Inevitablemente, todo texto que habla acerca de la nanotecnología como rama del conocimiento acaba mencionando al famoso investigador y divulgador Richard P. Feynman, cuyo retrato se muestra a la izquierda. Cada día que pasa, la nanotecnología se hace más presente en nuestras vidas, dando la razón al señor Feynman cuando dijo aquello de *“There is plenty of room at the bottom”*<sup>2</sup>, en su célebre charla frente a la *American Physical Society* en el instituto tecnológico de California, hace ya medio siglo.

En el mencionado discurso, nuestro célebre investigador comenzó a lanzar preguntas verdaderamente interesantes a sus colegas: *“Why cannot we write the entire 24 volumes of the Encyclopaedia Britannica on the head of a pin?”* (¿Por qué no podríamos escribir 24 volúmenes de la enciclopedia británica en la cabeza de una aguja?) Con unos pocos cálculos verdaderamente sencillos, demostró que con letras del tamaño de unos pocos átomos era posible escribir este enorme texto en un espacio tan reducido. A partir de este punto, se da rienda suelta a la búsqueda de aplicaciones de la escala atómica: almacenamiento de información, miniaturización de la informática, nanomotores... resulta que este hombre, en 1959, ya estaba hablando del tema que ganaría el premio Nobel de Química en 2016, que fue entregado por el desarrollo de máquinas moleculares. De un momento a otro, una charla entre eminentes físicos pasó de ser un tema completamente centralizado o focalizado en una rama del saber para convertirse en un diálogo en el que convergían la Biología, la Química, la Física e incluso la Medicina.

58 años después de esta mítica charla, observamos que el mundo mantiene el mismo espíritu multidisciplinar que transmitió el Dr. Feynman en Caltech. Hoy en día los artículos relacionados con nuevos avances y aplicaciones de la nanotecnología se cuentan a cientos: nanopartículas para optimizar combustibles, microchips basados en grafeno, moléculas que monitorizan células enfermas, nanocápsulas para administrar medicamentos, generar colores sin pigmentos... las aplicaciones parecen infinitas, a pesar de que la dificultad para generar a gran escala estos nanomateriales parece estar retrasando la entrada de la nanotecnología en el mundo de lo cotidiano.

Así pues, con estos datos respondemos a la pregunta: ¿por qué enseñar nanotecnología? Pues bien, en primer lugar, porque es una rama del conocimiento emergente que muy

---

<sup>2</sup> Si está usted interesado en leer la charla completa, puede encontrar una buena transcripción en la página de la compañía zyvex (Merkle, s.f.) <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>

probablemente estará presente en la vida diaria de los alumnos en un futuro no muy lejano. Por ello, resultaría muy interesante que los estudiantes conozcan las propiedades principales de esta tecnología que tendrá un impacto tan grande sobre sus vidas. Además, el papel que debe jugar un profesor de ciencias debiera ser el de dotar de herramientas a los alumnos para que éstos puedan analizar, explicar y modificar la realidad que les rodea; y el contenido que vamos a tratar tendrá una importancia capital para explicar los futuros avances tecnológicos de este siglo que estamos viviendo.

Antes habíamos mencionado que en ningún apartado del currículo oficial de Castilla y León se exige que los profesores enseñen nanotecnología, por lo que todavía podríamos cuestionar si merece la pena enseñar esta materia, a pesar de su importancia sociológica, dada la necesidad apremiante de estudiar otros contenidos curriculares. Es aquí donde retomamos el tema de la multidisciplinaridad: como hemos visto, la nanotecnología es una rama del saber que aúna una gran cantidad de temáticas dentro de sí misma, lo cual nos permite abordar múltiples temas desde la misma perspectiva: podríamos enseñar la geometría de los orbitales atómicos y sus hibridaciones utilizando nanopartículas como ejemplo, o podríamos estudiar las propiedades de las plantas y relacionarlas con sus componentes más pequeños, como los microsurcos que aportan hidrofobicidad a las hojas. La enorme transversalidad de la nanotecnología nos permite plantear innumerables actividades para enseñar más eficientemente los contenidos oficiales del currículo, al mismo tiempo que relacionamos éstos con aspectos de la vida cotidiana o con otros contenidos de otras asignaturas.



Muestra de la hidrofobicidad de algunas hojas. Fotografía de Antonio Pimentel, mostrada en su blog [www.miradasnaturales.blogspot.com.es](http://www.miradasnaturales.blogspot.com.es)

En resumen, podemos utilizar esta interesantísima rama del saber como medio para enseñar los contenidos curriculares de forma aplicada, relacionándolos con aplicaciones reales que los estudiantes puedan observar directamente o ver una aplicación útil, evitando caer en ese fallo tan común en la enseñanza de las ciencias que es explicar contenidos que los alumnos son incapaces de relacionar con cualquier fenómeno que hayan experimentado en sus vidas.

## *Aprendizaje Basado en Proyectos, ¿para qué?*

La siguiente pregunta que debemos plantearnos es ¿cómo podemos enseñar nanotecnología? ¿qué metodologías resultan más apropiadas para abordar este tema en las aulas?

En este trabajo hablaremos de la metodología que se adoptó en el colegio Jesús-María para estudiar este tema: el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

### *¿Qué es el ABP?*

Cabe advertir que la definición exacta de esta metodología es una cuestión de intenso debate. Mientras que existen algunos autores que insisten en diferenciar el aprendizaje basado en proyectos del aprendizaje basado en problemas (Jose, Marcia, & Annia, 2010), otros autores

tratan ambas metodologías como si fueran casi idénticas (Arias, 2010; Jesús, Silvia, & Miguel, 2003)

Para comprender este debate, debiéramos comenzar describiendo qué es un proyecto. A grandes rasgos, podríamos definirlo como una actividad con una duración y un objetivo definidos que bien pretende dar solución a un problema, respuesta a una pregunta o también puede querer generar un producto determinado. Los proyectos se componen de varias etapas que han sido planeadas para lograr distintos hitos u objetivos menores que en su conjunto componen el objetivo global de la actividad.

Cabe advertir que la descripción de proyecto ha de ser leída y entendida con precaución. Muchos autores lo definen como una actividad definida y estructurada, pero en verdad existen múltiples proyectos que comienzan sin una duración clara o que modifican de manera notable sus objetivos a medida que se desarrollan. Además, existe el problema de la duración; los autores que hacen una distinción entre el aprendizaje basado en problemas y en proyectos insisten en señalar la diferente extensión en el tiempo de ambas metodologías. Al parecer, los problemas son actividades estructuradas de corta duración, mientras que los proyectos tienden a abarcar más horas de desarrollo. Sin embargo, ¿dónde está la frontera entre ambas metodologías? ¿No podrían llegar a confundirse un proyecto ciertamente corto con un problema de larga duración?

En este punto reside el foco de discusión entre distintos autores: los problemas y los proyectos son conceptos muy similares, separados por una línea muy difusa que hace difícil su distinción. En los últimos años parece existir una tendencia hacia la equiparación de ambos términos, lo cual parece lógico. Al fin y al cabo, tanto el aprendizaje basado en proyectos como en problemas tienen unos objetivos muy similares, un enfoque constructivista del aprendizaje y dan gran importancia al desarrollo de competencias transversales, así como a la relación de los contenidos de más de una materia.

### *¿En qué consiste el ABP?*

Cuando se lleva a cabo un proyecto con el enfoque adecuado, es inevitable que surjan problemas que no se tuvieron en cuenta durante la planificación del mismo, y es deber de los trabajadores salir airoso de todos estos baches que se encuentren en su camino haciendo uso de los medios y habilidades que tengan a su disposición. Visto desde el punto de vista de la educación este fenómeno resulta realmente útil, porque pone a prueba a los componentes del proyecto y les obliga a desarrollarse para superar las adversidades.

Así pues, el ABP es una metodología que consiste en exponer a los alumnos ante un problema real para resolver el cual tienen que desarrollar, asesorados por el profesor, conocimientos y competencias de carácter interdisciplinar, dando lugar a un proceso de enseñanza-aprendizaje.

Esta metodología supone un cambio radical de paradigma con respecto a la enseñanza tradicional, donde el alumno era una *tabula rasa* que debía ser llenada de conocimientos mediante la escucha y la observación del docente. Seguro que al lector no le sorprenderá si le digo que el ABP tiene una base fuertemente constructivista, lo cual implica que debe ser el alumno, no el profesor, el protagonista de su propio aprendizaje. Para lograr esto, el estudiante debe plantearse objetivos propios, debe tener una motivación propia por aprender y por llevar a buen puerto el proyecto, debe evaluar los conocimientos que posee y los que no, y también debe estar dispuesto a adquirir nuevas habilidades y aptitudes para desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje que aquí estamos tratando. Para utilizar de manera adecuada el ABP, hay que conocer las capacidades y el conocimiento previo del alumno o el grupo que va a realizar

el proyecto, dado que éstas serán sus herramientas para comenzar a realizar su proceso de aprendizaje.

Así pues, el aprendizaje basado en proyectos hace que el alumno sea el motor de la metodología: quien recopila información, propone soluciones a los problemas, elabora preguntas y quien genera, en último término, el producto del aprendizaje. Por otra parte, el profesor se convierte en el encargado de asegurarse de que el motor funcione, y lo logra a base de la interacción constante con los alumnos, proponiendo ideas, objetivos y actuando como evaluador del trabajo diario. Muchos autores utilizan la palabra *feedback* (retroalimentación), para indicar que entre el profesor y los alumnos tiene que existir una relación continua de intercambio de información para lograr llevar el proyecto a buen término y consolidar correctamente el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Aunque el ABP no es una metodología novedosa, dado que ya se empezó a estudiar desde el punto de vista pedagógico a comienzos del siglo pasado y empezó a ser relevante a partir de los años 60 en Estados Unidos (Arias, 2010), se podría decir que en la última década ha sufrido un cambio muy brusco debido al impacto de las TIC en nuestra cultura. Hoy en día, un pequeño dispositivo móvil puede ser una ventana a la mayor parte del conocimiento humano, al mismo tiempo que es una opción para ponernos en contacto con otros estudiantes, centros, o con investigadores que nos ayuden a desarrollar nuestro proyecto. También es una herramienta de cálculo un millón de veces más potente que el ordenador de a bordo del Apolo XI, que llevó al primer ser humano a la luna en 1969. La tecnología crece de forma exponencial, y hoy en día tenemos herramientas de gran potencia al alcance de nuestra mano, listas para realizar fácilmente cualquier proyecto que antes se consideraba imposible.

## *Historia del proyecto*

Como ya dije, este trabajo se centrará en el análisis del proyecto *The room bottom*. En este apartado le hablaré sobre la creación del proyecto y los logros del mismo.

Comenzamos nuestro pequeño relato en la ciudad de Burgos, más o menos en el centro de la ciudad, cerca de la orilla del río. Allí se encuentra un centro educativo concertado llamado Jesús-María, donde imparte clases el Doctor Miguel Ángel Queiruga, al cual recordará de otras labores como tutorizar el presente trabajo de fin de máster.

Dentro de la asignatura de física y química impartida dentro de este centro, existen varios proyectos de investigación que están siendo realizados por alumnos, dado que, según la orden *EDU/362/2015 del 4 de mayo*, donde se establece el currículo oficial para las asignaturas de educación secundaria obligatoria para Castilla y León, dentro del cuarto curso de física y química ha de realizarse un proyecto de investigación de temática libre que trate sobre un contenido de interés científico.

Dentro de esta asignatura, el profesor diseñó los grupos que realizarían los proyectos, y en uno de ellos reunió a un grupo de alumnos con unas capacidades que, a su parecer, se compenetrarían de la manera adecuada. El resultado de éste emparejamiento resultó ser enormemente positivo. Por casualidad o destino, éstos alumnos decidieron realizar un proyecto basado en la nanotecnología, un tema que rondaba en la cabeza de su profesor desde hacía un tiempo.

Una vez comenzaron a desarrollar el proyecto, cayeron en la cuenta de lo extenso que es el campo de la nanotecnología. Necesitarían focalizar su estudio en un área concreta de la misma

para evitar perderse en la inmensidad de avances que sufre esta rama del saber en la actualidad. Fue en este punto donde intervino el profesor para ayudarles a especificar el tema dado que, en el año anterior, él mismo fue jurado del concurso *Odysseus II*<sup>3</sup>. Dicho evento, organizado por la Agencia Espacial Europea y financiado por la UE, analiza y premia distintos trabajos sobre investigación espacial, estando orientado a estudiantes desde 7 hasta 22 años, organizados en tres categorías diferenciadas. El objetivo es que los estudiantes, bien por grupos o bien de forma individual, generen distintos proyectos de investigación acerca de cualquier tema relacionado con la ciencia y la tecnología espacial.

El profesor Queiruga, quien conocía la labor de dicho concurso, propuso a su grupo de alumnos orientar el proyecto de investigación hacia la aplicación de la nanotecnología en el espacio. Parecía un trabajo realmente interesante, ya que la NASA ha publicado varios documentos en los cuales proclamaba sus altas expectativas en torno a la nanociencia para optimizar una gran cantidad de productos y aplicaciones relacionadas con sus estaciones espaciales. (Michael A., et al., 2010)



Fotografía de portada del blog. Imagen de Kerry Robinson.

De esta forma, queriendo probar suerte en el concurso europeo *Odysseus II*, nació la idea de crear el blog de divulgación *The room bottom*. El plan logró desarrollarse con gran éxito, llegando a ser el

proyecto ganador del mencionado concurso en la categoría de Pioneers (14-19 años) en su fase nacional.<sup>4</sup> El proyecto también ha resultado premiado en otro concurso, llamado *Si eres original, eres de libro*<sup>5</sup>.

## *Contenidos del blog*

La página web del proyecto está organizada en varias partes diferenciadas: historia de la nanotecnología, aplicaciones, propiedades del carbono... el blog está estructurado de tal manera que la lectura pueda realizarse bien de forma secuencial, organizada, o bien dedicándonos a saltar entre los apartados que más llamen nuestra atención.

Si tiene usted más interés en los contenidos del blog y su estructura, puede o bien visitarlo en la red o bien consultar el **Anexo I**, donde encontrará la mayoría de contenidos del blog en un formato *dossier* y así poder realizar una consulta *off-line*.

Dejando de lado la estructura del blog, me gustaría utilizar éste apartado del trabajo para comentar algunos de los contenidos que podemos encontrar en el mismo, como pueden ser las nanoentrevistas y las nanoexperiencias. En el primer apartado se incluyen cuatro entrevistas realizadas a distintos investigadores de la Universidad de Burgos y también de otras instituciones. Durante las entrevistas, los alumnos recopilaron información acerca del papel que

<sup>3</sup> Para más información acerca del concurso, puede visitar la página oficial del mismo: <https://www.odysseus-contest.eu/es/>

<sup>4</sup> Como constancia de la victoria del proyecto, pueden visitar el siguiente enlace, perteneciente al blog del concurso: <http://blog.odysseus-contest.eu/2017-national-odysseus-winners-spain-portugal-announced/>

<sup>5</sup> Si desea ver la web del concurso, donde puede además comprobar el galardón otorgado a nuestro proyecto, puede visitar el siguiente enlace <http://www.esdelibro.es/>



juega hoy en día la nanotecnología en la ciencia espacial y también en otros temas como el desarrollo sostenible. En el apartado de nanoexperiencias, por el contrario, relatan el desarrollo de distintas prácticas de laboratorio o de pequeños experimentos que han realizado para ilustrar las propiedades de algunos materiales escala nano. También muestran algunos vídeos relacionados de algún modo con dichas experiencias.

Una de las cosas más fascinantes del aprendizaje basado en proyectos es que, en muchas ocasiones, lo verdaderamente importante del aprendizaje no es el *qué* sino el *cómo*, permitiendo la adquisición de conocimientos y competencias multidisciplinares. Dicho de otra manera, el objetivo del proyecto que aquí analizamos no es únicamente que los estudiantes aprendan sobre nanotecnología, o sobre química, sino el proceso que llevan a cabo para aprender dichos conocimientos y las habilidades transversales que desarrollan en el mismo. Así pues, he querido sacar a relucir estos apartados en concreto

(*nanoentrevistas* y *nanoexperiencias*) porque son, a mi parecer, los apartados del blog en los que más fácilmente puede observarse la adquisición de competencias no relacionadas con la física y la química, como son la interacción social con gente de un gran nivel académico/profesional. Tratándose de alumnos del cuarto curso de la E.S.O. sería esperable que se viesen intimidados a la hora de establecer contacto con profesores y alumnos universitarios, y sin embargo mostraban una gran iniciativa tanto a la hora de plantear entrevistas como de proponer otras actividades que involucraban tanto a estudiantes como profesores de la facultad de ciencias de la Universidad de Burgos. Muestra de ello son los vídeos que pueden encontrarse en el apartado *nanoexperiencias*, en los cuales se puede ver a los alumnos interactuando con las instalaciones de la universidad y también realizando entrevistas tanto a alumnos como a profesores de la misma.



Imagen de una de las entrevistas realizadas por "los del fondo"



Imagen de una de las encuestas realizadas por los alumnos en la facultad de ciencias.

Al ver los mencionados vídeos, uno se pone a reflexionar sobre el potencial del aprendizaje basado en proyectos. Tal vez alguno de los alumnos que han participado en la creación de *The room bottom* no se convierta en científico. Tal vez el año que viene opte por estudiar latín y luego curse una carrera como filología hispánica. En ese caso, el conocimiento que adquiriera sobre nanotecnología de poco le servirá en su vida

académica, salvo para ser una persona con cultura general, que no es poco. Sin embargo, independientemente del itinerario que escojan estos alumnos, bien sea por ciencias o por humanidades, parte de éste proyecto permanecerá dentro de ellos, ayudándoles tanto en su vida académica como personal; esa parte es la capacidad de desenvolverse en un ámbito desconocido para ellos, de buscar a alguien experto en un tema y atreverse a lanzarle una pequeña batería de preguntas, y también la habilidad para saber proponer ideas y evitar quedarse estático durante su aprendizaje... en definitiva, con el proyecto que aquí se muestra los alumnos han dado un paso más hacia el logro de esa competencia clave que llamamos, de forma muy resumida, aprender a aprender.

## *Propuesta de actividades*

Hasta ahora, este trabajo se ha dedicado a describir algunas de las características y de los logros del proyecto *The room bottom*. En este apartado, sin embargo, cambiaremos la temática levemente, pasando de la descripción del proyecto a la proposición de distintas actividades que yo, como profesor, presentaría a los alumnos para llevarlas a cabo durante la realización del proyecto. En cada una de las propuestas se discutirán las competencias desarrolladas y, en términos generales, las oportunidades de desarrollo que brindan a los alumnos dentro del marco del aprendizaje basado en proyectos.

Todas las actividades han sido pensadas como una posible ampliación de *The room bottom*, por lo que en principio se podrían desarrollar con alumnos del cuarto curso de educación secundaria obligatoria. Sin embargo, dado el carácter abierto de las actividades que presentaré, todas éstas están sujetas a posibles cambios con los que se podrían adaptar a otros cursos.

## *Colaboración con otros proyectos. Construcción de materiales didácticos.*

Una parte importante de la metodología ABP es la comunicación con entidades externas al centro educativo en el que se desarrolla el proyecto, dado que eso siempre ayuda a los alumnos a adquirir una gran cantidad de conocimientos acerca del tema tratado, al mismo tiempo que les obliga a desarrollar capacidad para comunicarse en un ámbito profesional, como ya comentamos en el apartado anterior. En esta actividad, propongo una colaboración con un proyecto burgalés muy reciente, novedoso y sumamente interesante: el proyecto *FabLab Burgos*, que se centra en la impresión 3D, pero al mismo tiempo conectado con una enorme variedad de muy diversas disciplinas.

La idea de colaborar con el *FabLab Burgos* nació como consecuencia de una colaboración entre *The room bottom* y otro proyecto llamado *Diversidad Impresa*, y por ello comenzaré a contarles la historia desde ese punto.

### *Objetivos de la actividad*

- Generar recursos didácticos modelados en 3D que puedan ser impresos y utilizados por personas ciegas.
- Aprender sobre el modelado y la impresión 3D.
- Crear una concienciación en los alumnos sobre los problemas de las personas sordociegas.
- Desarrollar capacidades creativas mediante el diseño en 3D.
- Desarrollar capacidades comunicativas mediante la interacción con proyectos externos al centro educativo.

### *Competencias desarrolladas*

**Competencia lingüística:** Tanto el proyecto *Diversidad impresa* como *FabLab Burgos* requieren de unas determinadas aptitudes lingüísticas para poder integrarse en ellos. Los alumnos que entren en contacto con éstos proyectos deberán hablar con múltiples personas de distintas procedencias y formaciones, lo cual les ayudará a desarrollar capacidades comunicativas en contextos muy diversos.

**Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología:** El diseño en 3D requiere de conocimientos informáticos, pero también geométricos. En múltiples ocasiones, un

diseñador en 3D se enfrentará a una pieza para resolver la cual deberá poner en juego todos sus conocimientos de geometría. Enfrentarse a éstos desafíos ayudará a los alumnos a desarrollar la competencia matemática.

**Competencia digital:** La colaboración con el proyecto *FabLab Burgos* dotará a los alumnos de un amplio conocimiento en cuanto al uso de distintas herramientas existentes para realizar un buen diseño 3D y poder imprimirlo. Además, desarrollarán un buen conocimiento acerca de las licencias que pueden asociar a sus productos, entrando a conocer la legislación que regula el mundo de la informática y de los trabajos académicos.

**Aprender a aprender:** Una de las grandes ventajas que tiene *FabLab Burgos* es que te proporciona herramientas y formación para realizar una gran cantidad de actividades personales. El único límite es la imaginación y el esfuerzo que quieras poner en tu idea. Es por ello que esta iniciativa, a través de la motivación personal, puede suponer un punto de partida clave para que los alumnos lleven a cabo un proceso de aprendizaje autónomo, buscando sus propios recursos para realizar sus propios proyectos. En el caso más idílico, esto supondría un desarrollo perfecto de la competencia de aprender a aprender.

**Competencias sociales y cívicas:** La colaboración con el proyecto *Diversidad Impresa* ayudará a los estudiantes a desarrollar una sensibilización para los problemas de las personas sordociegas, desarrollando así un sentimiento de solidaridad y preocupación por el bienestar ajeno, conllevando a un desarrollo de esta competencia.

**Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor:** La técnica de la impresión 3D, a pesar de ser una tecnología desarrollada hace 30 años, está experimentando a día de hoy su mayor crecimiento, en gran parte porque han tenido que transcurrir 20 años hasta que caducaran las primeras patentes y se pudiera tratar la técnica a nivel global. Cada día que pasa se desarrollan nuevos modelos de máquinas, nuevas aplicaciones, nuevas posibilidades: se trata de la herramienta perfecta para dar rienda suelta a tu creatividad. El aprendizaje de esta técnica tiene un enorme potencial educativo no sólo al aprender a utilizarla, también al aprender a desarrollarla, y puede servir como inspiración a los alumnos para que se lancen a innovar y a generar sus propias propuestas.

¿En qué consiste *Diversidad Impresa*?

*Diversidad Impresa* tiene como objetivo principal generar una base de datos con diversos modelos en 3D de licencia abierta que puedan ser impresos con una impresora 3D y utilizados posteriormente para facilitar la vida a personas sordociegas o con discapacidades similares.



Imagen del proyecto, rescatada de su blog. <https://diversidadimpresa.wordpress.com/>

El proyecto se fundó a principios de 2017, y hoy en día ya tiene una lista de hasta 19 propuestas de objetos útiles para la comunidad

sordociega, de los cuales ya se han modelado unos pocos.

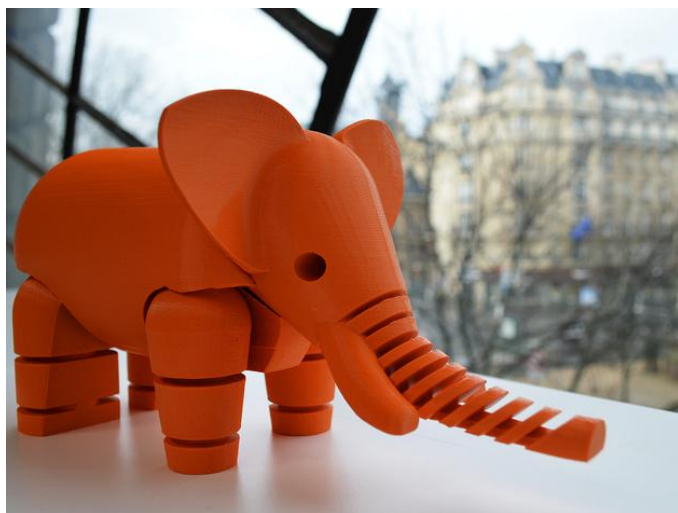
La idea de colaborar con el proyecto de diversidad impresa surgió una vez se plantearon las dificultades de enseñar nanotecnología: para comprender la estructura de cualquier nanocompuesto es necesario tener unos conocimientos de química básica. Por ejemplo, para

comprender la estructura de los nanotubos de carbono, es necesario conocer la reactividad del carbono y la hibridación de sus orbitales dentro de la estructura del grafeno. Sin embargo, el estudio de los orbitales y las hibridaciones a este nivel no es sencillo, por ser un contenido complejo y por requerir de una gran capacidad de visión espacial para su comprensión. Estos factores pueden generar problemas para nuestros alumnos de 4º de la E.S.O.

Para ayudar a los estudiantes a comprender la estructura de determinados nanocompuestos, se apostó por realizar modelos en tres dimensiones de los mismos, ya que facilita enormemente la visualización de las estructuras. En el momento que se propuso ésta metodología, se relacionó la idea con la colaboración con el proyecto *Diversidad Impresa*<sup>6</sup>, cuya existencia era bien conocida por el Dr. Queiruga, coordinador de *The room Bottom*. La intención final de esta unión de proyectos era poder generar nuestros recursos para explicar e ilustrar nanotecnología y añadirles una pequeña descripción en braille para que así también pudieran ser utilizados como material didáctico para personas ciegas.

### La impresión 3D: una oportunidad para el aprendizaje

¿Por qué enseñar a modelar e imprimir en 3D? ¿Qué ventajas tiene esta metodología para el aprendizaje de nuestros alumnos? Pues bien, resulta que la técnica de modelado e impresión en 3D tiene varios puntos en común con la nanotecnología; por un lado, se trata de un conocimiento en el que convergen una multitud de materias, así que su estudio conlleva un aprendizaje realmente amplio, multidisciplinar, y por otra parte se trata de una tecnología cada vez más presente en nuestras vidas, como puede verse en las noticias (Imprimalia3D, 2017), y que muy probablemente tendrá un papel fundamental sobre nuestro modo de producción en los próximos años.



Elefante impreso en 3D. Imagen rescatada de [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)

Así que, respondiendo a la pregunta ¿Por qué enseñar a modelar e imprimir en 3D?, tan sólo hay que decir que enseñando a los alumnos a manejar esta técnica les estamos preparando para manejar las técnicas que definirán el futuro de la investigación y la producción, al mismo tiempo que les estamos ayudando a desarrollar una infinidad de capacidades y a aprender una gran cantidad de conceptos. En España, algunos centros educativos ya utilizan

impresoras 3D en aprendizaje basado en proyectos o servicios (Imprimalia3D, 2016).

Entre las capacidades desarrolladas por la impresión 3D, se encuentra la aplicación de la geometría a la resolución de problemas. En muchas ocasiones, para realizar de manera correcta un diseño tenemos que planificar las formas y las dimensiones que tendrán las unidades más básicas que compongan nuestro modelo, lo cual implica tener que hacer cálculos relacionados con medidas, áreas, volúmenes, ángulos... los retos que nos planteemos a la hora de realizar un

<sup>6</sup> De nuevo, si tiene usted curiosidad por conocer el proyecto puede visitar su blog. <https://diversidadimpresa.wordpress.com/>

diseño pueden ser tan simples o complejos como nosotros queramos que sea, lo cual ofrece una gran flexibilidad a la hora de plantear actividades a los estudiantes, para que pongan a prueba sus habilidades matemáticas y creativas.

Por otro lado, ésta técnica obliga a los alumnos a desarrollar habilidades informáticas, tan necesarias para manejar el software de diseño e impresión como para buscar herramientas alternativas y fuentes de información que nos permitan enfrentarnos de forma más eficiente a un determinado modelado o una impresión.

Una vez realizado el modelo de nuestro objeto, habremos resuelto la parte sencilla del problema. El siguiente paso será definir de manera adecuada las dimensiones finales del objeto para que se adecúe a las características de nuestra impresora, decidir la forma en la que imprimiremos el objeto, los parámetros de impresión, el material con el que lo fabricaremos... para tomar decisiones con respecto a cada uno de estos temas, los estudiantes tendrán que analizar el fundamento de la técnica, observar el origen de los problemas que puedan surgir y bien proponer soluciones a los mismos o bien analizar cómo otra gente ha resuelto determinadas dificultades. Este punto es realmente fascinante, ya que, aunque el fundamento de la impresión 3D es muy sencillo, las complicaciones que pueden surgir durante su ejecución pueden ser tremendamente complicadas.



Lámpara impresa en 3D. Imagen rescatada de [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)

Resolver esas dificultades que surjan durante el proceso de producción ayudará a los alumnos a desarrollar una gran cantidad de habilidades relacionadas con una multitud de campos.

Una vez impreso el objeto, hemos de tener en cuenta que el proceso aún no ha acabado. En multitud de ocasiones, bien las imperfecciones en el diseño o bien un mal ajuste de las condiciones de impresión generan pequeñas imperfecciones en nuestro producto que, si bien no nos obligan a repetir la impresión, hacen necesaria una pequeña reparación del mismo. Estoy hablando de fallos como una monocapa de polímero que no se adherido bien al resto de la estructura, un hueco cilíndrico que ha quedado levemente deformado... pequeños errores de impresión que pueden ser solucionados bien con un soldador o bien realizando un pequeño esfuerzo mecánico sobre la estructura. La realización de éstos pequeños ajustes por parte de los alumnos les proporcionará la oportunidad de desarrollar habilidades de carácter manual, como el manejo de determinadas herramientas, al mismo tiempo que les dará seguridad para realizar sus propios proyectos manuales en un futuro, desarrollando su capacidad de iniciativa en este tipo de actividades.

Todos estos aspectos son los aprendizajes potenciales que nos proporciona la técnica de modelado e impresión 3D, ¡pero existen más ventajas que no hemos comentado! la generación de modelos tridimensionales ayuda a la interiorización de conceptos que requieren de visión espacial para ser comprendidos. Puede aumentar el interés por los compuestos o las moléculas (¡no olvidemos que estamos imprimiendo nanomateriales!) que se están diseñando y puede, por último, aumentar el grado de vinculación por el proyecto, dado que la sensación de haber generado tu propio producto puede llegar a ser sorprendentemente gratificante. Eso indican ciertos autores (Jose Luis, Cantero, Damari, Cecile, & Trujillo, 2015), y yo mismo lo corroboro tras mi experiencia durante la realización del presente trabajo.

Para concluir este apartado, debíamos hablar de los inconvenientes de la técnica planteada, que no son muchos, pero sí que pueden ser importantes: la impresión 3D es cara de instalar. Una impresora puede rondar los 1000 €, y aunque los cartuchos de impresión son relativamente baratos, la inversión inicial necesaria para llevar a cabo la actividad puede ser suficientemente grande como para que no se implante en un gran número de colegios. Sin embargo, existe una solución al problema, que es mi propuesta de actividad: la colaboración con el proyecto *FabLab Burgos*.

### ¿Qué es FabLab Burgos?

El proyecto *FabLab*, a nivel internacional, nace en el *Masachussets Institute of Technology* en el año 2000 como una forma de poner al servicio de la sociedad una forma sencilla y barata de poder dar forma física a cualquier idea. Surgió en el marco de una investigación sobre la forma en la que una tecnología base puede afectar al desarrollo de una determinada comunidad emergente. Durante dicha investigación, el grupo encargado recibió una financiación para adquirir equipos sencillos con los que rápidamente se pudieran generar materiales tecnológicos. Así nació el primer *FabLab*, como un pequeño laboratorio con una impresora 3D, una cortadora láser, un cortador de vinilos, una fresadora y software sencillo que permitiese el correcto uso de toda la maquinaria.

Durante los últimos años, la idea del proyecto *FabLab* se ha extendido a una multitud de países, manteniendo siempre el mismo espíritu: cualquier idea que sea desarrollada dentro de las instalaciones del proyecto ha de quedar plasmada por escrito para que otro participante pueda replicarla, aunque el autor de la idea puede proteger la propiedad intelectual de la misma. La filosofía de estas instalaciones es de servir como centro de fabricación de ideas y de producción a nivel personal, generando en el proceso una base de contenidos de la que se puedan beneficiar otros participantes del proyecto *FabLab* en cualquier parte del mundo.



Logo del proyecto FabLab. Imagen rescatada de Wikipedia.

El *FabLab*<sup>7</sup> de nuestra ciudad es muy joven, dado que recibió el permiso necesario para comenzar el proyecto en los primeros meses de 2017 (pocos meses antes de la redacción del texto que está usted leyendo). A día de hoy el proyecto ha instalado ya su sede en la antigua estación de ferrocarril, cerca del centro de la ciudad, aunque todavía está adquiriendo parte de la maquinaria necesaria para su pleno funcionamiento. A pesar de ello, el proyecto ya está en marcha, y lleva un par de meses impartiendo varios cursos sobre temas relacionados con la impresión 3D, programación e incluso maneras de llevar estas técnicas a las aulas.

Aunque todavía no se han fijado ciertos parámetros como las cuotas de los socios o los criterios de admisión, sí que se sabe que no se podrán hacer socios menores de edad, dada la peligrosidad de la maquinaria presente en el laboratorio. Sin embargo, los organizadores del proyecto tienen muy presente que esto puede ser una potencial herramienta educativa, y permitirán entrar a

---

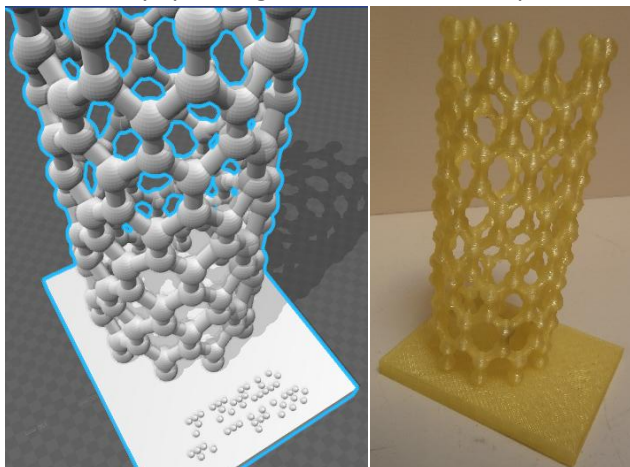
<sup>7</sup> Para conocer más acerca del proyecto local, puede visitar su página oficial <http://www.fablabburgos.org/>

menores de edad siempre que estén acompañados de un responsable mayor de edad, que sería en este caso su profesor.

### Desarrollo de la actividad

La actividad que aquí propongo es una ampliación de la labor que han hecho los alumnos participantes de *The room bottom*. Dentro del blog del proyecto, pueden verse algunos modelos 3D que los alumnos han encontrado en internet y que luego han tratado de imprimir con la colaboración de gente externa al proyecto.

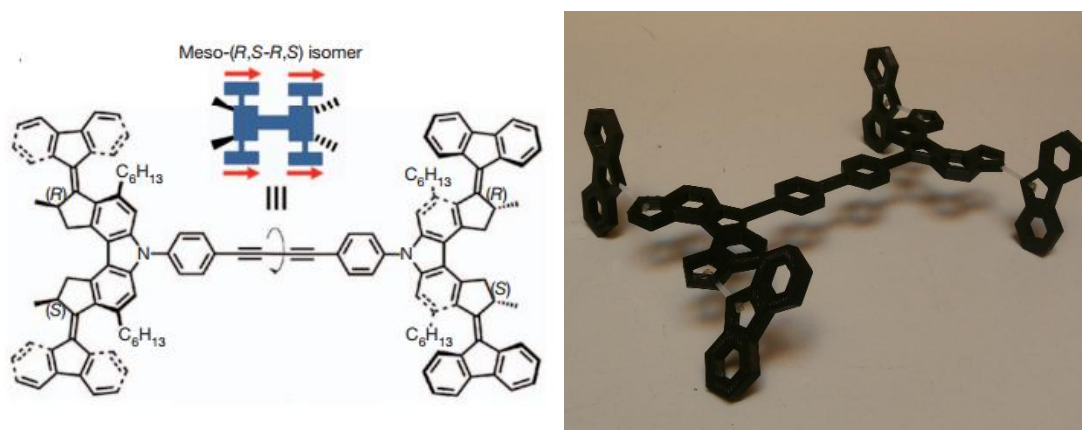
Mi propuesta es, ya que la impresión 3D supone una oportunidad de aprendizaje tan grande, involucrar aún más en los alumnos en todo el proceso. Que sean ellos los que generen sus propias figuras con un programa de modelado 3D, y que también sean ellos los que hagan pruebas de impresión hasta lograr el resultado óptimo deseado, con todos los pasos que ello conlleve.



Modelo 3D de un nanotubo y resultado de su impresión.

Todo esto, por supuesto, aprovechando las instalaciones del proyecto *FabLab Burgos*.

Como primera propuesta, he pensado en pedir a los alumnos que impriman una réplica de un nanomotor, un tema que está ciertamente de moda ya fue la razón de la entrega del premio Nobel de química 2016. Buscando información acerca del trabajo de los galardonados con dicho Nobel, me topé con un artículo de Ben Feringa (Feringa, y otros, 2011) en el cual describía la caracterización de un motor molecular con una curiosa forma, muy semejante a la de un coche. La molécula en cuestión era capaz de sufrir una serie de reacciones fotoquímicas que en conjunto lograban describir una serie de giros en determinadas partes de la molécula, produciendo el deslizamiento del conjunto respecto de una superficie metálica.



Estructura molecular de la molécula descrita por Ben Feringa en su artículo de 2011 y resultado de la impresión 3D de la misma.

Fascinado por el artículo, decidí intentar replicar, a grandes rasgos, la estructura molecular del nanomotor, dispuesto a comprobar la viabilidad de la actividad que les propondría a los alumnos. El software que utilicé para el diseño de la pieza fue *Tinkercad*, un programa de

modelado 3D gratuito y que puede ejecutarse desde el navegador. Decidí utilizarlo porque me parece una herramienta sumamente útil para trabajar desde los ordenadores de un centro educativo: es totalmente gratuito y al no necesitar instalación en el equipo, se puede utilizar perfectamente en ordenadores que borren los archivos que se han generado sin permisos de administrador. A pesar de no ser la herramienta más potente disponible, sí que es muy sencilla de utilizar y permite hacer diseños muy interesantes y de manera muy intuitiva. Como referencia, *Tinkercad* es el software que recomiendan en el proyecto *Diversidad Impresa* para llevar a cabo modelado 3D en el aula.

El proceso de modelado del objeto fue realmente interesante, y me entretuve durante un par de horas calculando los ángulos que debía rotar cada pieza para lograr la mayor precisión posible en el solapamiento de las figuras, calculando distancias, volúmenes... durante el proceso descubrí que la generación de una molécula tan poligonal como es este “nanocoche” (que está compuesto de hexágonos y pentágonos principalmente) puede convertirse en un extenso problema de geometría.

Una vez diseñado el modelo, procedí a visitar una pequeña tienda burgalesa de informática que se especializa en impresión 3D y cuyos dueños colaboran activamente en el *FabLab Burgos*. Allí me asesoraron sobre la mejor forma de imprimir la pieza, las posibles maneras de generar un eje de rotación para las ruedas del “nanocoche” y el material en que imprimirlo. Fue allí donde aprendí lo compleja que puede ser la técnica de impresión 3D, los imprevistos que pueden surgir durante la misma y las formas de arreglar un mal diseño o un fallo de impresión. También tuve una interesante conversación acerca de las propiedades de los distintos materiales de impresión, durante la cual caí en la cuenta de que el estudio de los distintos polímeros podría ser un objeto de estudio durante el proyecto que aplicase ésta actividad.

Tras haber comprobado personalmente la viabilidad de la actividad puedo decir que, a mi parecer, el proceso que conlleva diseñar e imprimir un objeto en 3D puede resultar enormemente enriquecedor en muchos aspectos académicos y personales, como comentamos anteriormente.

### *Narración del proyecto mediante vídeos*

Desde el comienzo de la actividad científica, ésta ha tenido siempre una filosofía muy marcada: la ciencia ha de servir para ilustrar a las personas, explicar la realidad y así poder predecirla o modificarla. Me gustaría recalcar la primera parte de la oración, para así señalar la importancia de la divulgación científica. Dado que la ciencia nació como una herramienta para que todo el mundo pudiera comprender mejor la realidad, toda actividad científica debiera estar vinculada con una actividad de divulgación, de pregón de los conocimientos adquiridos. Así debiera ser y en términos generales, así es, y para verlo tan solo hay que echar un vistazo a cualquier revista científica, base de datos académicos, o incluso nota de prensa para observar cómo los investigadores publican mediante múltiples medios sus avances y descubrimientos.

El proyecto *The room bottom* está completamente vinculado a la idea de divulgación. Ya lo dice Miguel Ángel, director del proyecto, en la presentación del blog:

*“En este proyecto, vamos a investigar sobre esta temática y **acercar los resultados a todo el público**. Conoceremos en qué consiste esta ciencia de lo más pequeño, qué repercusiones está teniendo en la sociedad y cuáles se prevé que tendrá, y sobre todo, aquellos aspectos relacionados con la exploración espacial.”*



Este proyecto, como usted puede ver, tiene un carácter eminentemente divulgativo. Los alumnos se han dedicado a reunir conocimientos sobre nanotecnología y a transmitirlos a través de su blog. Sin embargo, como ya hemos comentado, la metodología de ABP lleva consigo una gran cantidad de potenciales aprendizajes de carácter multidisciplinar, y dichos conocimientos no siempre quedan plasmados en su blog. Y ante esto, pregunto ¿por qué no buscar una manera de transmitir alguna de esas habilidades y competencias trasversales que han desarrollado durante el proyecto? Puede sonar complicado, pero tengo una propuesta para hacerlo: hacer un banco de vídeos en los que los alumnos cuenten los problemas surgidos durante el proyecto y cómo los resolvieron. Generar estos vídeos puede ser realmente útil para los alumnos de años venideros, ya que podrán nutrirse de las experiencias de cursos anteriores para desarrollar sus propios proyectos de investigación.

### Objetivos de la actividad

- Lograr que los alumnos generen una serie de vídeos divulgativos del proyecto dirigido hacia sus compañeros de cursos inferiores.
- Lograr la reflexión sobre el aprendizaje que se ha sufrido durante el proyecto.
- Lograr que los alumnos recapaciten sobre su actuación a lo largo del proyecto, para mejorarla de cara a futuros proyectos.

### Competencias clave desarrolladas

**Competencia lingüística:** La divulgación exige a los científicos estar listos para exponer conocimientos que pueden resultar ciertamente complejos u abstractos en pocas palabras que además deben ser inteligibles. El esfuerzo que ha de realizar el divulgador, en este caso el alumno, para exponer sus conocimientos sobre el proyecto y las dificultades del mismo conlleva a un gran desarrollo de la competencia lingüística.

**Competencia matemática y competencias básicas en la ciencia y la tecnología:** La orden ECD/65/2015, que describe minuciosamente las competencias clave consideradas en la LOMCE, establece que dentro del desarrollo de ésta competencia se incluye la mejora de la comunicación en la ciencia, por ser ésta una herramienta crucial para el desarrollo científico-tecnológico de nuestra sociedad a todos los niveles. Así pues, el esfuerzo comunicativo que han de realizar los alumnos para exponer las dificultades surgidas durante un proyecto científico puede fomentar el desarrollo de esta competencia.

**Competencia digital:** Al tener que manipular software de edición de vídeo para la realización de la presente actividad, se puede pedir a los alumnos que busquen distintos softwares de edición, para analizarlos críticamente y seleccionar la mejor herramienta para realizar el recurso propuesto. De esta manera se potenciará no sólo el conocimiento de una herramienta digital concreta, sino el análisis y la capacidad de actualización de los alumnos, que es lo que en verdad persigue el desarrollo de esta competencia, como indica la orden ECD/65/2015.

**Aprender a aprender:** La reflexión acerca de las dificultades sufridas durante el proyecto y sobre las habilidades que han necesitado ser desarrolladas para resolver los problemas pueden ayudar al desarrollo de estrategias metacognitivas y a la adopción de actitudes de trabajo cada vez más eficientes para no tropezar de nuevo con las mismas dificultades. Es por ello, dado que el aprendizaje se produce en torno a la reflexión sobre una acción más que en torno a la acción en sí misma, que ésta actividad puede ayudar a desarrollar la competencia de aprender a aprender.

### Desarrollo de la actividad

Esta actividad podría presentarse ante los alumnos bien en un término avanzado del proyecto o bien tras haber redactado un apartado de gran complejidad. Por ejemplo, en el caso de *The room bottom*, podría plantarse la actividad una vez que el blog está bien desarrollado y con una buena cantidad de apartados llenos de contenido (término avanzado del proyecto), o bien tras haber terminado de redactar el apartado de “el carbono”, donde describen la reactividad química de dicho elemento con un nivel de complejidad muy elevado para un grupo de alumnos de 4º de la E.S.O.

La primera fase de la actividad consiste en sembrar la idea en los alumnos; convencerles de que sería buena idea realizar una serie de vídeos u otros recursos explicando todo el trabajo que han realizado hasta confeccionar el blog, que no es poco, para que quede constancia del esfuerzo implicado en el proyecto y también de las capacidades del equipo a la hora de resolver problemas. Se podría presentar la idea ante los alumnos como una manera de ayudar a sus compañeros de cursos inferiores. Si editan un vídeo contándole a éstos las complicaciones que han tenido en el aprendizaje de un concepto o en la realización de un apartado del proyecto, no sólo lograrán ayudar a un compañero a aprender, sino que los alumnos que realizan el vídeo que estarán reflexionando acerca de las dificultades que se les han planteado, sobre su actitud frente a los problemas, sobre cómo podrían haber planteado determinadas situaciones... este proceso de reflexión les ayudará a interiorizar y mejorar las capacidades y conocimientos que hayan adquirido durante el proyecto.

En definitiva, mi propuesta de actividad es realizar una serie de recursos a lo largo del desarrollo del proyecto en los cuales los alumnos narren a sus compañeros, bien de su nivel o bien de otros cursos, las dificultades que han sufrido a lo largo de la realización de su proyecto y cómo las han solucionado. Los vídeos generados por los distintos proyectos de investigación realizados por la clase podrían recogerse en un único canal de Youtube del centro educativo, donde se almacenen los consejos que puedan dar los propios alumnos para la realización de un proyecto.

Como ejemplo práctico, se me ocurre que los alumnos que han desarrollado *The room bottom*, podrían realizar un vídeo narrando las dificultades que han tenido a la hora de plantear alguna de las nanoentrevistas, dado que en un caso concreto el testimonio del entrevistado fue muy escueto, dada su escasa disponibilidad. También podrían relatar la experiencia que ha supuesto ganar concursos como *Odyseus II* o *Si eres original, eres de libro*, para motivar a los alumnos a presentar sus proyectos a concursos o a encajar la temática de sus futuros proyectos dentro de la temática de un concurso de su interés.

El conjunto de vídeos con consejos para la realización de proyectos podría suponer un gran impulso para la correcta aceptación y realización, por parte de los alumnos, de la metodología ABP. Hay que tener en cuenta que para que esta metodología se lleve a cabo de manera adecuada, no sólo es necesario una correcta formación por parte del profesor de la metodología y su papel en la misma, sino que los alumnos también deben de tener una actitud adecuada ante el proyecto para que éste conlleve un aprendizaje efectivo. Por ello, creo que la visualización de estos vídeos con testimonios de sus compañeros podría orientarles de alguna forma hacia la adopción de esa actitud de trabajador autónomo y curioso que debieran (idílicamente) mostrar los alumnos en el aprendizaje basado en proyectos.

## *Aprendizaje mediante nanobiotecnología*

Los alumnos del proyecto *The room bottom* han podido aprender mucho sobre las distintas maneras de generar nanomateriales: conocen tanto lo que significa generar compuestos mediante la vía *top-down* como mediante *bottom-up*, e incluso han generado sus propias nanopartículas de oro mediante este último método. No obstante, desconocen uno de los principales problemas concernientes a la nanotecnología: su producción a gran escala y su rentabilidad económica.

Me gustaría utilizar un ejemplo encontrado en una de las unidades didácticas publicadas por el FECYT, relacionada con la nanociencia y la nanotecnología. En el cuarto capítulo de dicha unidad (pp. 95) exponen el problema de una manera muy curiosa, y que quería compartir con usted.

*Seamos realistas. Imaginemos que renunciamos a construir un dispositivo uniendo moléculas de una en una, pero que decidimos construirlo utilizando esferas de mayor tamaño. Esto es perfectamente posible pues existen robots que, trabajando unidos a microscopios electrónicos (tipo SEM), son capaces de manipular objetos de estas dimensiones con una gran precisión. De hecho, estos robots han conseguido colocar nanoesferas de sílice (dióxido de silicio), de unos 700 nm de diámetro, para formar estructuras ordenadas. Teniendo en cuenta que el tiempo promedio para que el robot coloque cada esfera es de 7 minutos, ¿cuánto tardaríamos en tener listo un dispositivo con un volumen 1 mm<sup>3</sup>? Una cuenta sencilla nos indica que se necesitarían en torno a 74.000 años para ensamblar esta estructura. Parece imposible, por tanto, utilizar la aproximación bottom-up para construir cualquier cosa. ¿Es entonces un fracaso la nanotecnología a nivel molecular? Está claro que no, pero necesitamos nuevas ideas. (Llorente, Junquera, Gagi, & Domingo, 2008, pág. 95)*

La inviabilidad de la construcción molécula a molécula de cualquier material ha sido objeto de debate durante muchos años. Afortunadamente, la comunidad científica ha dado rápidamente con la solución a nivel teórico, así que sólo queda desarrollarla. La solución al problema, como dijo George Tulevski en su charla para TED<sup>8</sup> (Tulevski, 2016) es hacer que los átomos se unan por sí mismos hasta generar la estructura deseada, cosa que puede parecer imposible a priori, pero que los químicos comprendemos con naturalidad ya que en esa premisa basamos nuestras investigaciones.

La química ha de ser la herramienta que nos permita desarrollar nuevas herramientas con las que construir nanotecnología, pero ¿por dónde empezamos a investigar? ¿quién sabe de esa química tan compleja que necesitamos para generar nanoestructuras? La respuesta está, curiosamente, en la naturaleza. Todos sabíamos que la naturaleza es sabia, pero aun así no deja de ser sorprendente que nos pueda dar una clase de ensamblaje de nanoestructuras, que es lo que lleva haciendo durante millones de años: virus, proteínas, agregados moleculares, células de todos tipos... estudiando bioquímica parece que podemos extraer unas cuantas lecciones que nos ayudarán con nuestro desarrollo de la nanotecnología.

Si el estudio de la bioquímica puede ayudar a los investigadores, ¿Por qué no introducir a nuestros alumnos a este fascinante mundo que tantas expectativas genera? ¿Por qué no podríamos aprender nanotecnología a partir del estudio de la bioquímica?

---

<sup>8</sup> Esta interesante charla puede ser visualizada en la página oficial de TED, con subtítulos en español. [https://www.ted.com/talks/george\\_tulevski\\_the\\_next\\_step\\_in\\_nanotechnology#t-30049](https://www.ted.com/talks/george_tulevski_the_next_step_in_nanotechnology#t-30049)

## Objetivos de la actividad

- Promover la investigación por parte de los alumnos de determinados contenidos relacionados con la bioquímica.
- Adquirir conocimientos transversales, relacionando nanotecnología y biotecnología.

## Competencias desarrolladas

**Competencia lingüística:** Las actividades que se van a plantear pueden enfocarse hacia la realización de una entrevista o la comunicación con algún investigador. Los alumnos tendrán que seguir aprendiendo a desenvolverse en la comunicación en el ámbito profesional, lo cual les ayudará a desarrollar la competencia lingüística.

**Competencia matemática y competencias básicas en la ciencia y la tecnología:** En las actividades que se van a proponer los alumnos tendrán que generar ideas o propuestas de cómo sacar provecho de determinados mecanismos biológicos, lo cual les ayudará a poner a prueba su mentalidad científica, diferenciando las propuestas relevantes o interesantes a nivel científico de aquéllas que no lo son.

**Competencia digital:** Para buscar la información necesaria para llevar a cabo las actividades, los alumnos tendrán que afinar sus búsquedas en la red con el fin de obtener la información más útil posible, evitando perder el tiempo con búsquedas infructuosas. Esto les ayudará a desarrollar el apartado de búsqueda de información contenido dentro de la competencia digital.

**Aprender a aprender:** La propuesta de nuevas aplicaciones para determinados mecanismos biológicos obligará a los alumnos a replantearse la profundidad de su conocimiento acerca de la biología, desarrollando conciencia de lo que uno sabe y lo que no, lo cual es parte esencial del proceso de autorregulación y por tanto del aprendizaje autónomo.

**Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor:** Esta competencia se desarrolla en cuanto los alumnos proponen una idea, una potencial aplicación de los mecanismos biológicos estudiados y defiende la viabilidad o no de su idea.

## Desarrollo de la actividad

Ésta actividad que propongo es muy genérica: relacionar nanotecnología y biotecnología. Ambos campos son lo suficientemente extensos como para generar varios proyectos del calibre de *The room bottom*. Sin embargo, he pensado que sería realmente interesante señalar la estrecha relación que tienen estas dos ramas del saber en el plano actual de la investigación y el gran potencial educativo que tiene ésta colaboración. Por ello, he pensado en unas cuantas actividades o líneas de investigación que podrían proponerse a los alumnos para poder ampliar los objetivos del proyecto y así tener nuevas cosas que aprender y nuevos contenidos que publicar en el blog. A continuación, les presento las actividades que he planteado.

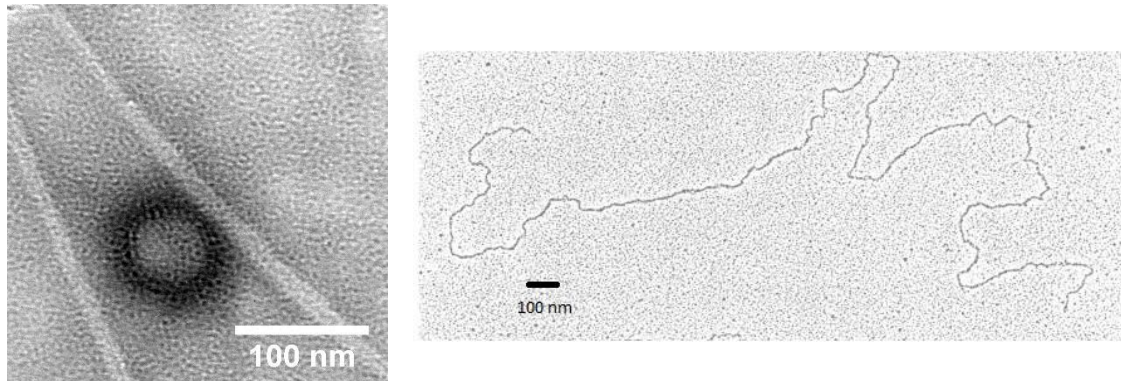
### **Nanomotores: biomoléculas juguetonas.**

Cuando hablábamos de la impresión ya hablábamos del interesante mundo de los nanomotores, que originó la entrega del premio Nóbel de Química en 2016. Estas moléculas están diseñadas para realizar un determinado esfuerzo mecánico a costa de la transmisión de energía mediante diversas fuentes, como la radiación electromagnética que utilizaba Ben Feringa en el “nanocoche” del que hablábamos anteriormente. Pues bien, lo cierto es que en la naturaleza podemos encontrar un montón de ejemplos de nanomotores completamente funcionales, esperando a que los estudiemos y podamos generar nuestras propias versiones de los mismos.

La primera pregunta que surge es, ¿qué biomoléculas podemos presentar a los alumnos? No olvidemos que la bioquímica es un mundo tremendamente complejo y técnico, que puede saturar fácilmente a nuestros alumnos de educación secundaria o bachillerato. Es por ello necesario planificar y reflexionar acerca de los contenidos que vamos a presentar en la actividad, para fomentar la curiosidad pero sin llegar a desmotivar a los alumnos por la dificultad de los contenidos.

Mi propuesta es abordar moléculas presentes en las estructuras biológicas más simples que han estudiado: las células eucariotas y los virus.

Comencemos a hablar de los virus. ¿Qué pueden enseñarnos estos sencillos y diminutos seres que apenas podemos considerar “vivos”? Yo me preguntaba lo mismo hasta que me topé con un dato curioso: en muchos casos, la cápside de un virus tiene un diámetro aproximado de unos 100 nm, mientras que su genoma tiene una longitud de unos 6.5  $\mu\text{m}$  (Llorente, Junquera, Gagi, & Domingo, 2008). ¿Cómo puede almacenarse una cadena de ADN o ARN tan grande en un espacio de apenas 0.06  $\mu\text{m}^3$ ?



Comparativa entre un virus de la gripe (izquierda, imagen de Bret Hill, de la universidad de Michigan, rescatada de ResearchGate) y el genoma del virus phi29 (imagen de la derecha, extraída del artículo *Assembly of phage Phi29 genome with viral protein p6 into a compact complex* (C, R, M, & J M, 1994))

La respuesta es sencilla: el genoma de un virus está sometido a una presión realmente elevada en el interior de la cápside, en torno a unas 60 atmósferas de presión. Y precisamente es un nanomotor el mecanismo encargado de introducir el genoma dentro de la cápside, generando unas presiones tan altas. Este dispositivo fue estudiado exhaustivamente hace unos años (Chemla, y otros, 2005), llegando a la conclusión de que podía llegar a efectuar hasta 57 pN, una fuerza ridículamente pequeña a nuestra escala, pero enorme si nos paramos a pensar que la ha generado un motor de apenas un par de nanómetros de diámetro. El método que utilizaron los investigadores para medir la fuerza ejercida por el nanomotor fue, a grandes rasgos, jugar al tira y afloja con el virus. Para ello, enlazaron una nanopartícula al final de una hebra de ADN que estaba siendo introducida dentro de la cápside de un virus para luego, con ayuda de unas pinzas ópticas, ejercer una fuerza sobre la nanopartícula contraria a la realizada por el virus.

Este curioso experimento nos sirve para comprender el funcionamiento de uno de los miles de nanomotores que podemos encontrar en la naturaleza. La imitación de éste mecanismo nos permitiría generar, entre otras cosas, nanocápsulas que introduzcan selectivamente medicamentos en ellas, filtros que reconozcan secuencias específicas de ADN... se pueden generar mil propuestas sobre la utilidad de este mecanismo.

Este contenido se puede estudiar con los alumnos de múltiples formas. Se podría aplicar una metodología de indagación, planteándoles la pregunta ¿cómo logra el virus introducir en su cápside una cantidad tan grande de ADN o ARN? A partir de ahí se les puede ayudar a buscar fuentes para indagar más sobre este punto, hasta que lleguen a descubrir el secreto del potente nanomotor que introduce el genoma dentro del virus. Se podría también plantear que los alumnos realicen (bien con materiales convencionales o bien mediante impresión 3D) una maqueta a escala de un virus y su genoma, para ilustrar la gran diferencia de tamaños entre ambos, y también se les podría pedir que hicieran una lista con ideas o proyectos que podrían realizarse con ayuda de un nanomotor de éstas características.

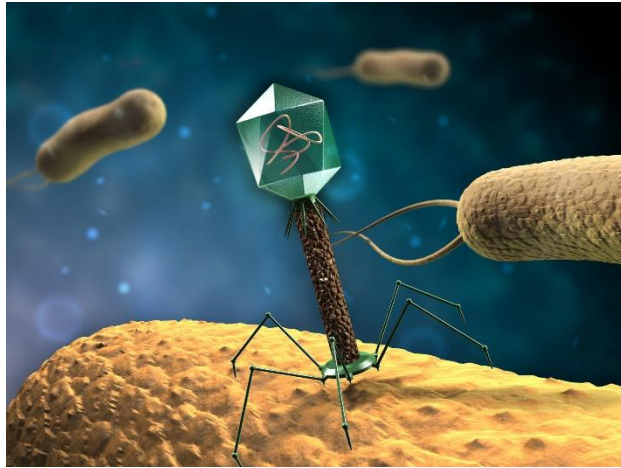
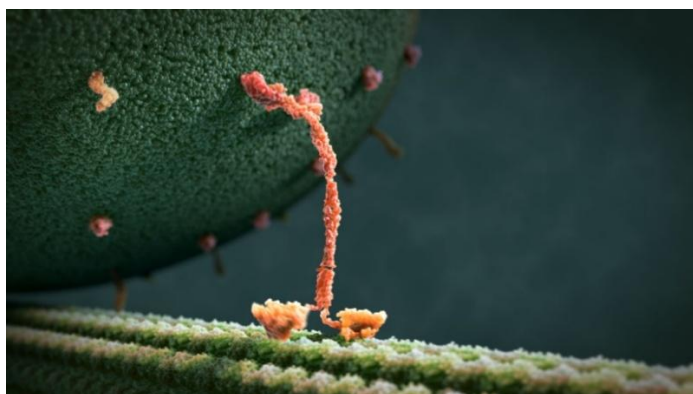


Imagen de un bacteriófago rescatada de [www.farmaceuticos.infogenericos.com](http://www.farmaceuticos.infogenericos.com)

Tratando otro tema, otro nanomotor que podríamos estudiar y mostrar a nuestros alumnos podrían ser las kinesinas, esas simpáticas moléculas bípedas que recorren los nanotúbulos de nuestras células arrastrando distintas sustancias, contribuyendo al transporte organizado y a la supervivencia de la unidad elemental de la vida.

El estudio de éste nanomotor puede abordarse desde el punto de vista de la indagación. Los alumnos han estudiado lo que es el citoesqueleto, conocen su función, pero no conocen exactamente cómo pueden ayudar estos filamentos en el transporte de sustancias a lo largo de la molécula, así que mediante preguntas relacionadas con éste orgánulo, pueden descubrir la existencia y la función de las kinesinas. De nuevo, el análisis del funcionamiento de esta molécula puede ayudar a generar ideas sobre las posibles aplicaciones de un nanomotor de características similares.



Aquí podemos ver, literalmente, la imagen de la felicidad: una kinesina arrastrando una endorfina. Imagen rescatada de [www.artofthecell.com](http://www.artofthecell.com)

Mediante el estudio de los bionanmotores como los que aquí he presentado, los alumnos podrán desarrollar habilidades relacionadas con la búsqueda de información al mismo tiempo que adquieren conocimientos multidisciplinarios, estableciendo así relaciones entre sus conocimientos de física, química y biología.

### **Ribosomas, ¿una fábrica de nanocompuestos?**

Los ribosomas son un orgánulo con una función muy específica: sintetizar proteínas. Para saber qué proteínas concretas ha de generar, el ribosoma necesita una hebra de ARN mensajero que le indique la secuencia de aminoácidos que ha de juntar para fabricar el correspondiente péptido.

Si nos paramos a pensar detenidamente, el tamaño de una proteína puede entrar dentro del rango de nanomateriales que hemos estudiado a lo largo de todo este trabajo. Son materiales de reducido tamaño y con un rango de aplicaciones enormes, cuya fabricación nos enseñan una manera rápida y sencilla de generar nanomateriales: simplemente necesitamos una pequeña fábrica molecular capaz de analizar la información que viene en forma de hebra de ADN y traducirla en forma de un compuesto químico determinado. ¿Por qué no tratar de imitar este sistema de producción que tan buenos resultados ha dado en la naturaleza?

La actividad aquí propuesta consiste en una pequeña investigación acerca del proceso de traducción del ARN mensajero, mediante el cual las células generan proteínas en sus ribosomas, para lograr que los alumnos propongan un pequeño esbozo de lo que sería una fábrica de nanomateriales automática, en la cual aportas una pequeña cantidad de información en forma de ADN u otro soporte y así pueda fabricar la nanopartícula. Esta es una de las ideas que pueden surgir al tratar de encontrar una aplicación a este mecanismo celular, pero durante la investigación los alumnos podrán pensar y generar distintas propuestas de las que puedan surgir hipotéticas líneas de investigación.

Esta actividad permitirá a los alumnos no sólo adquirir habilidades de búsqueda, necesaria para encontrar información acerca del funcionamiento de los ribosomas, sino que además les ayudará a desarrollar su mentalidad creativa e innovadora para buscar nuevas aplicaciones a los mecanismos biológicos que están descubriendo. Es muy probable que algunas de las ideas que surjan durante ésta actividad sean en muchos casos inviables o ya se estén investigando, pero lo verdaderamente importante es lograr que los alumnos encuentren un sentido a los contenidos que están estudiando y que se atrevan a hacer propuestas, a defender ideas, e incluso a hablar con investigadores acerca de la posibilidad de llevarlas a cabo o no.

### *Conclusiones*

Como dije en la introducción, el fin último de éste trabajo es sacar a la luz alguna de las capacidades y conocimientos que he adquirido durante el máster. Con ese objetivo, he analizado los puntos fuertes que presenta la metodología del aprendizaje basado en proyectos, intentando relacionarlos con los resultados obtenidos por el proyecto *The room bottom*, al mismo tiempo que he propuesto distintas actividades con las que desarrollar contenidos relacionados con la nanotecnología haciendo uso de la metodología ABP.

Ahora que este trabajo ha quedado concluido, me gustaría volver a señalar un punto realmente importante, el cual ha estado presente a lo largo de todo el trabajo: la importancia del aprendizaje multidisciplinar. He señalado en varias ocasiones que el aprendizaje basado en proyectos proporciona la oportunidad de hacer que los alumnos relacionen conceptos de distintas asignaturas, al mismo tiempo que genera situaciones que les haga desarrollar múltiples competencias y capacidades. No me gustaría terminar el trabajo sin volver a recalcar la importancia que tiene este aspecto en el proceso de aprendizaje de los alumnos.

En múltiples ocasiones, los profesores de ciencias se encuentran con un problema para nada desdeñable durante las clases: los alumnos aprenden los contenidos de física, de química, de biología, de matemáticas... sin embargo, no logran establecer conexiones entre las distintas temáticas, generando un producto del aprendizaje sesgado, incompleto. Para resolver los problemas del mundo real, los que están más allá de los libros de texto, los alumnos necesitarán utilizar al mismo tiempo contenidos y habilidades que han aprendido de forma separada a lo largo de toda su vida, lo que puede resultar en una gran sensación de incapacidad y desconocimiento por parte de los alumnos. Sin embargo, si les enseñamos a entrelazar conocimientos, a ver la realidad desde múltiples puntos de vista y al mismo tiempo ver que las distintas perspectivas nos describen la misma realidad, les estaremos brindando una oportunidad de aprendizaje que les permitirá resolver problemas reales de manera efectiva y satisfactoria.

Por estas razones que he expuesto, por la capacidad que tiene la metodología de ABP para generar un aprendizaje multidisciplinar frente a aprendizaje de una asignatura individual que puede ser superado con memoria pura, creo que el aprendizaje basado en proyectos puede ser una herramienta realmente útil en la enseñanza de las ciencias.

### *Valoración personal*

La realización de este trabajo ha sido para mí una experiencia personal compleja, pero gratificante. Curiosamente, y a pesar de ser un trabajo que se queda en el marco teórico, me ha hecho acercarme un paso más a la realidad de las aulas; ya que el tiempo no me dio la oportunidad de llevar a la práctica las actividades propuestas, me interesé mucho más por analizar el trabajo que habían realizado los alumnos, estudiando profundamente los contenidos del blog. Esto me permitió conocer más de cerca cómo de lejos puede llegar el trabajo de un alumno de 4º de la E.S.O., o más concretamente, cómo de lejos pueden llegar éstos alumnos que han generado el proyecto, que no es precisamente poco; como ya hemos comentado, la gran calidad del blog les ha merecido varios premios a nivel europeo.

La necesidad de poner a prueba mis ideas me llevó a experimentar personalmente las mismas actividades que he propuesto durante el trabajo. De esta forma, diseñé con *Tinkercad* mi propia molécula, conociendo durante el proceso los fundamentos de la técnica de impresión 3D: en qué consiste, cuales son los problemas más comunes, los nuevos retos de la misma... descubrí que es un mundo con una base muy sencilla, pero con una profundidad verdaderamente increíble.

Sin duda, el contacto con el diseño e impresión 3D fue una experiencia fascinante por la cantidad de curiosidades que pude aprender y la oportunidad que me dio para hablar con expertos en este campo, con quienes tuve conversaciones realmente interesantes. También fue muy enriquecedor el proceso de aprendizaje sobre la nanotecnología: ya que dicho tema no entraba dentro de mi especialidad como científico, tuve que ponerme al día en cuanto a ciertos conceptos básicos como la generación de nanopartículas, sus propiedades en función de su tamaño, algunas nuevas aplicaciones... este proceso también resultó sumamente enriquecedor, hasta el punto de plantearme seguir investigando el campo, solo que desde un punto de vista más investigador que pedagógico.

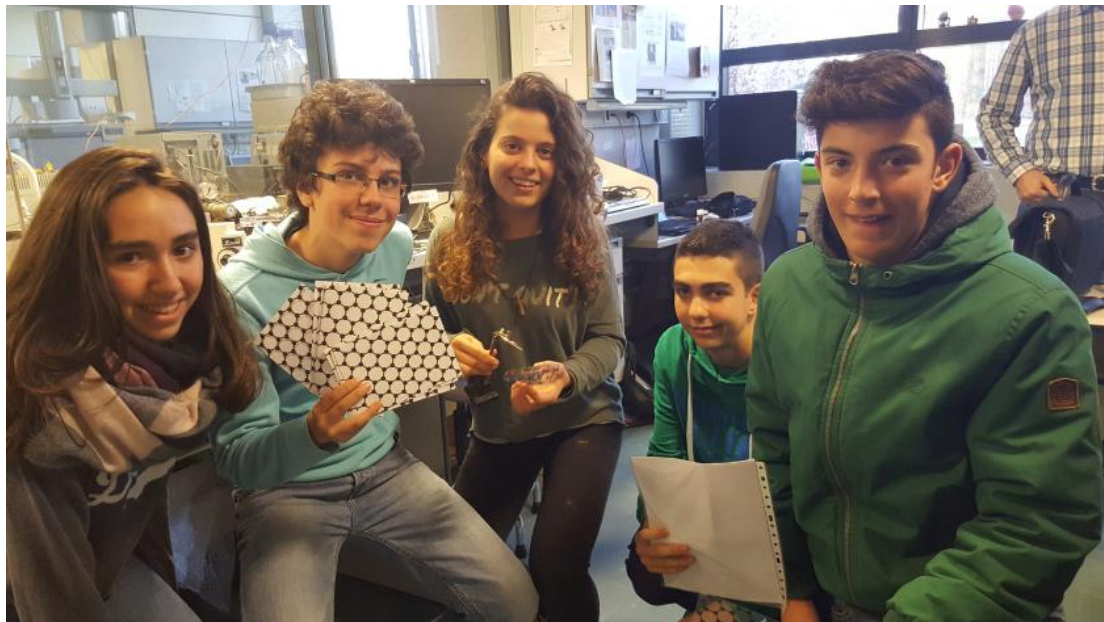


## Agradecimientos

Me gustaría agradecer al Dr. Miguel Ángel Queiruga la ayuda que me ha proporcionado a lo largo de la realización de este trabajo: las conversaciones con él siempre fueron interesantes y útiles para enfocar el esfuerzo y las ideas que conforman este documento.

También quisiera dar las gracias a Juan García y a David Mayor, fundadores de la empresa Abadía Tecnológica y miembros activos en la dirección del proyecto FabLab Burgos, por darme a conocer esta fascinante idea y también por ayudarme a dar mis primeros pasos en la impresión 3D.

Por último, me gustaría hacer una mención especial a los verdaderos héroes de *The room bottom*: Celia Aguilar, Pablo Olmedillo, Daniel Rebolleda, Iñigo Santesteban y María Sicilia, alumnos del colegio Jesús-María cuyo excelente trabajo ha llegado a ser reconocido y galardonado en varios concursos. Muchas gracias, porque sin vosotros este trabajo no sería posible.



Los verdaderos héroes del proyecto.

## Bibliografía y referencias

Arias, J. A. (2010). *Educación y tecnologías*. Cádiz: Servicio de publicaciones de la Universidad de Cádiz.

Gutiérrez, C., Freire, R., Salas, M., & Hermoso, J.M. (1994). Assembly of phage Phi29 genome with viral protein p6 into a compact complex. *The EMBO Journal*, 269-276.

De la Torre, J., Saorín, J., Melián, D., Meiel, C., & Rivero, D. (2015). Blokify: Juego de modelado e impresión 3D en tableta digital para el aprendizaje de vistas normalizadas y perspectiva. *Digital Education Review*(27), 105-121.

Chemla, Y. R., Athavan, K., Michaelis, J., Grimes, S., Jardine, P., Anderson, D., & Bustamante, C. (9 de Septiembre de 2005). Mechanism of Force Generation of a Viral DNA Packaging Motor. *Cell*, 122(5), 683-692. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2005.06.024>

- Queiruga, M. A., Velasco, N., Pérez, M., Santamaría, Maestro, B., Ruiz, T., Aguilar, C., . . . Sicilia, M. (Enero de 2017). *The room bottom*. Obtenido de <https://theroombottom.wordpress.com/>
- Feringa, B., Kudernak, T., Ruangsapichat, N., Parschau, M., Maciá, B., Katsonis, N., . . . Ernst, K.-H. (10 de Noviembre de 2011). Electrically driven directional motion of a four-wheeled molecule on a metal surface. *Nature*(479), 208-2011. doi:10.1038/nature10587
- Imprimalia3D. (27 de Abril de 2016). *Estudiantes de 6º de Primaria crean con una impresora 3D una prótesis de mano para una compañera*. Obtenido de <http://imprimalia3d.com/noticias/2016/04/26/006111/estudiantes-6-primaria-crean-una-impresora-3d-una-pr-tesis-mano-una-compa>
- Imprimalia3D. (24 de Mayo de 2017). *El Hospital Parc Taulí planifica una veintena de intervenciones quirúrgicas con la ayuda de modelos impresos en 3D*. Obtenido de <http://imprimalia3d.com/noticias/2017/05/23/009083/hospital-parc-taul-planifica-una-veintena-intervenciones-quir-rgicas>
- Martí, J. A., Heydrich, M., Rojas, M., & Hernández, A. (abril-junio de 2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11-21.
- Alcober, J., Ruiz, S., & Valero, M. (2003). Evaluación de la implantación del aprendizaje basado en proyectos en la EPSC. Castelldefels, Cataluña, España.
- Briones, C., Casero, E., Martín, J. A., & Serena, P. A. (2008). *Nanociencia y nanotecnología; entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. Madrid: FECYT. Obtenido de <https://www.fecyt.es/es/publicacion/unidad-didactica-nanociencia-y-nanotecnologia-entre-la-ciencia-ficcion-del-presente-y-la>
- Meador, M. A., Files, B., Li, J., Manohara, H., Powell, D., & Siochi E. J. (2010). *DRAFT Nanotechnology roadmap*. NASA.
- Merkle, R. (s.f.). *zyvex company*. Obtenido de <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
- Tulevski, G. (Noviembre de 2016). *The next step in nanotechnology*. Obtenido de [https://www.ted.com/talks/george\\_tulevski\\_the\\_next\\_step\\_in\\_nanotechnology#t-30049](https://www.ted.com/talks/george_tulevski_the_next_step_in_nanotechnology#t-30049)

## Anexo I

En este anexo se presenta un trabajo realizado por el equipo de alumnos de *The room bottom*, en el cual recogen de manera resumida y en un formato de informe los contenidos expuestos en el blog. La corrección de este trabajo ha sido realizada en conjunto por Miguel Ángel Queiruga y Martín Pérez, director y colaborador del proyecto respectivamente. A pesar de que este proceso ha supuesto la modificación del trabajo original presentado por los alumnos, se ha tratado de manipular el texto lo mínimo posible, para recordar que los protagonistas del proyecto son los estudiantes y no los profesores.



# The Room Bottom

**De lo más pequeño, a la conquista del Universo**

Este proyecto surge en las aulas del colegio Jesús-María de Burgos, pero, como ya vereis más adelante nuestra intención es que siga creciendo, e invitamos a todo el que se vea interesado en esta temática

# Presentación

*Plenty of Room at the Bottom* es el título de la conferencia dada por Richard Feynman en la Sociedad Americana de Física (Caltech, Pasadena, diciembre de 1959). En esta conferencia, Feynman exploraba las inmensas posibilidades que ofrecería la miniaturización y lo que ahora se llama **nanotecnología**.

Han pasado más de cinco décadas desde que Feynman nos indicara por primera vez que *al fondo hay sitio*, y, ahora que ya estamos *en el fondo*, vemos que los avances en investigación de lo más pequeño han permitido la creación de nuevos productos aplicados a todos los ámbitos: medicina, ingenierías, matemáticas, informática, química, física, etc.

En este proyecto, vamos a investigar sobre esta temática y acercar los resultados a todo el público. Conoceremos en qué consiste esta *ciencia de lo más pequeño*, qué repercusiones está teniendo en la sociedad y cuáles se preve que tendrá, y sobre todo, aquellos aspectos relacionados con la **exploración espacial**. Vamos a intentar contactar con investigadores de universidades e instituciones que trabajen en este ámbito, además de con empresas de materiales. Cuando sea posible, analizaremos directamente algunos productos y construiremos modelos.

Esperamos que este proyecto siga creciendo y nos permita aprender lo más posible y compartir todos los resultados que obtengamos a través de este blog y otros elementos que podamos ir diseñando.

Por supuesto, invitamos a colaborar a todos los interesados en aprender y compartir conocimiento.

*Miguel Ángel*

# Acerca del proyecto

**Director del proyecto:**

Miguel Ángel Queiruga Dios

**Colaboradores:**

Berta Maestro Santamaría (profesora de Secundaria, área de Idiomas y Lengua Española)

Trini Ruiz López (profesora de Primaria)

Noelia Velasco Pérez (profesora en prácticas)

Martín Pérez Estébanez (estudiante del Master del Profesorado)

**EQUIPO DE ALUMNOS 4º ESO:**

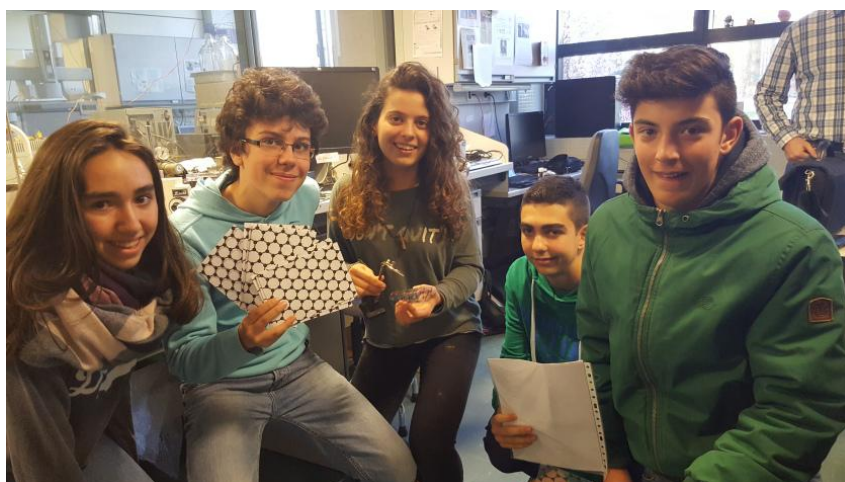
Celia Aguilar Díaz-Pisón

Pablo Olmedillo Santillana (coord.)

Daniel Rebolleda Hernández

Iñigo Santesteban Francés

María Sicilia Prieto



# 1. El origen y los conceptos básicos de la nanotecnología

## El carbono

Su número atómico es  $z=6$ , por lo que tiene 6 protones y 6 electrones. Existen distintos isótopos del carbono: el más abundante, 98.93 %, es el C-12; el C-13 es menos abundante, 1.07 %, pero también existen trazas de C-14. Este último isótopo se forma en la atmósfera como consecuencia de los efectos radiación cósmica sobre el N-14.

Su configuración electrónica es:  $1s^2 2s^2 2p^2$ , por lo que le faltarían (o le sobrarían) 4 electrones para conseguir una configuración electrónica estable (de gas noble).

Los cuatro electrones de la capa de valencia hacen del carbono un elemento muy propenso a formar enlaces.

Los orbitales atómicos correspondientes a la segunda capa del átomo de carbono serían un orbital  $s$  y tres orbitales tipo  $p$  en las tres direcciones del espacio ( $p_x$ ,  $p_y$  y  $p_z$ ).

Pero lo que nos interesa es estudiar los enlaces que forma el átomo de carbono, más que el átomo de carbono aislado. Cuando el átomo de carbono se enlaza para formar un compuesto, los orbitales atómicos se combinan entre sí para dar lugar a otro tipo de orbitales distintos. Estos orbitales moleculares, resultantes de la combinación de los orbitales atómicos, reciben el nombre de orbitales híbridos. En el caso del carbono, en el que, como hemos visto, en la última capa había un orbital  $s$  y tres orbitales  $p$ , hay distintas posibilidades de combinación entre los orbitales, dando lugar a distintas hibridaciones. El número de orbitales seguirá siendo el mismo, lo que varía es su forma.

Un orbital $s$ se combina con un orbital $p$	Los otros dos orbitales $p$ se quedan con la misma forma que el orbital atómico	Hibridación $sp$
Un orbital $s$ se combina con dos orbitales $p$	El otro orbital $p$ se queda con la misma forma que el orbital atómico	Hibridación $sp^2$

Un orbital <i>s</i> se combina con tres orbitales <i>p</i>	Todos los orbitales están hibridados	Hibridación <i>sp<sup>3</sup></i>
--	--------------------------------------	-----------------------------------

Las distintas hibridaciones dan lugar a compuestos con distinta geometría y propiedades.

El carbono se puede encontrar en la naturaleza como **carbono grafito**, **carbono amorfo** y **diamante**, pero recientemente a estas composiciones se le añaden los recientemente descubiertos nanotubos (formados por un tubo de átomos de carbono), los fullerenos (moléculas de 60 átomos de carbono) o el grafeno (láminas de un átomo de carbono).

#### Fuentes:

El carbono y sus isótopos. Departament de Química Analítica. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA.

LA NANOTECNOLOGÍA DEL CARBONO. Mauricio Terrones.

Wikipedia. Carbono.

Recursos Tic. Cidead 4º ESO. Física y Química. El átomo de carbono.

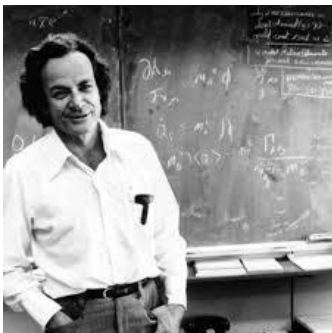
Aplicación Orbitron (University of Sheffield).

Aplicación Hydrogenic Atom Viewer v1.5c.

Wikipedia. Orbital hybridisation.

## Historia de la Nanotecnología

La nanotecnología es la ciencia que estudia la utilización de la materia a escala nanométrica. La historia de la nanotecnología tiene su comienzo en el discurso que Richard Feynman dio en la Universidad de Caltech (California).



En este discurso Feynman se convirtió en el primero en ver el verdadero potencial de la ciencia a una escala tan pequeña y que su correcta utilización podría dar la solución a muchos problemas, su famosa frase despertó la curiosidad de muchos.

Para que nos hagamos una idea del tamaño la nanotecnología tenemos que considerar que es un metro por 10 a la menos 9. Este tamaño tan particular hizo que los científicos le restaran



importancia a este ámbito hasta el discurso en California.

Durante los siguientes 20 años después de la conferencia la nanotecnología no fue muy estudiada hasta que fueron publicados varios libros hablando de ella y de su potencial.

El descubrimiento en la década de 1980 del microscopio de efecto túnel y el descubrimiento de los fullerenos hizo que la nanotecnología fuese tomada en cuenta por muchos científicos. El descubrimiento de este microscopio permitió manipular átomos por primera vez. En la década de 1990 se acabó de consolidar con el descubrimiento de los nanotubos de carbono que se convertirían en uno de los principales componentes de la nanotecnología años después.

El campo de la nanotecnología está en pleno crecimiento y sobre él hay muchas esperanzas puestas que están a la espera de cumplirse.

En el marco de la nanotecnología también se empezaron a distinguir dos modos de obtención de productos, conocidos como top-down y bottom-



up. El primero de ellos se obtiene a partir de un compuesto grande que como si de una escultura se trata así se va haciendo más pequeño hasta conseguir las propiedades que se desean. El segundo método fue el último en aparecer y fue muy criticado en su aparición. Consistía en empezar un compuesto nanotecnológico a partir de átomos que pudiésemos combinar y unir como quisiésemos para obtener un objeto final de proporciones nanométricas.

Actualmente más de 3000 productos han sido desarrollados con nanotecnología, pero esta no es la solución para todo como algunas empresas afirman. Su uso incorrecto puede causar mucho peligro.

#### Fuentes:

Wikipedia. *Historia de la nanotecnología.*

PortalCiencia.net. *Nanotecnología. Nanociencia.*

Gravedad Cero. *Feynman, el padre de la nanotecnología.*

## 2. Aplicaciones e investigación en diversos ámbitos

### Alimentación

La Nanotecnología en la Industria alimentaria está teniendo un gran avance en los últimos años, a pesar de estar aún en fase de despegue va a permitir que disfrutemos de productos más



saludables, resistentes a enfermedades y menos perecederos.

Se están desarrollando sensores y envases que nos informen de la frescura y el estado de los alimentos.

- **El envasado (envases activos y envases inteligentes)**

La mayoría de los avances en este campo incluyen la utilización de microsensores capaces de determinar las condiciones en las que se encuentra el producto para estimar más fiablemente la fecha de caducidad cambiando el color para indicarlo, sensores capaces de detectar ciertas bacterias y atacarlas o nanorecubrimientos que conserven mejor las propiedades de un alimento.

- **El desarrollo de nuevos productos**

Técnicas que hacen posible incorporar elemento como minerales que mejoren las características de un producto, modificar alimentos que para que sean capaces de tratar enfermedades, nanocapsulas que pueden liberar gradualmente sustancias para conservar un producto mas tiempo o mantener sus propiedades.



- **La calidad y la seguridad alimentaria (biosensores)**

Biosensores capaces de detectar si las condiciones en las que se ha tratado un producto son las adecuadas, sensores que garantizan la calidad al consumidor. La nanotecnología en la alimentación este estando cada vez mas presente, pero también conlleva riesgos, En el año 2009, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) realizó una evaluación sobre los riesgos potenciales de la nanotecnología para la alimentación y concluyó que aún existían muchas

incertidumbres sobre su seguridad.

**Fuentes:**

[elika.eus](http://elika.eus)

[latierraesunacroqueta2](http://latierraesunacroqueta2)

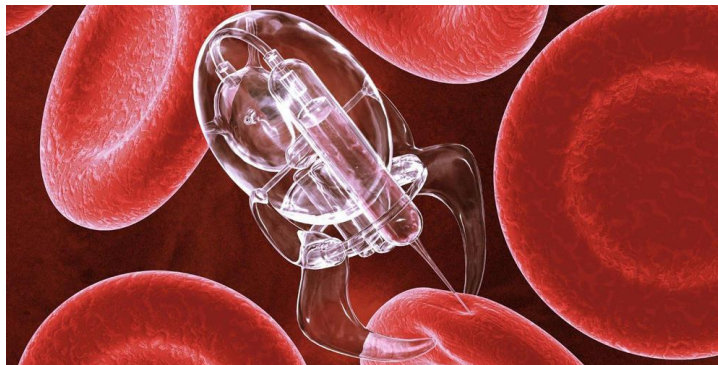
[surestepress](http://surestepress)

[conectamericas](http://conectamericas)

[fundaciontelefonica](http://fundaciontelefonica)

## Medicina

La nanomedicina es la aplicación de la nanotecnología en el campo de la medicina, incluyendo de igual modo la futura aplicación de la nanotecnología molecular, y es empleada para



mejorar la calidad de vida de los seres humanos, combatiendo las enfermedades de una forma innovadora, como la creación de ejércitos de nanorobots que se introduzcan en nuestro organismo.

Las sociedades están constantemente buscando la manera de mejorar la salud en cuanto a costos, cobertura, efectividad, respuesta ante enfermedades emergentes y cambios demográficos. El principal objetivo de la nanotecnología en la medicina es curar enfermedades no infecciosas.

### – Los biosensores:

Un biosensor es un instrumento para la medición de parámetros biológicos o químicos. Suele combinar un componente de naturaleza biológica y otro fisico-químico.

Se compone de tres partes:

- **El sensor biológico:** puede ser un tejido, un cultivo de microorganismos, enzimas, anticuerpos, cadenas de ácidos nucleicos, etc. El sensor puede ser tomado de la naturaleza o ser un

producto de la biología sintética.

- **El transductor:** acopla los otros dos elementos y traduce la señal emitida por el sensor.
- **El detector:** puede ser óptico, piezoeléctrico, térmico, magnético, etc

El ejemplo más común de biosensor es el que mide la glucosa en la sangre. Utiliza una enzima que procesa moléculas de glucosa, liberando un electrón por cada



molécula procesada. Dicho electrón es recogido en un electrodo y el flujo de electrones es utilizado como una medida de la concentración de glucosa. Antes se usaban sensores electroquímicos y con la aparición de los biosensores se mejoraron diferentes aspectos en los análisis, mejorando así la sensibilidad y la precisión.

En los biosensores no es necesario manipular las muestras, ni usar una gran variedad de reactivos, sin embargo, es posible hacer cientos o incluso miles de medidas con un único biosensor, se abarata el coste de los ensayos, se aumenta la rapidez del proceso y además son pequeños y su manejo es más sencillo.

A pesar de estas ventajas presenta dos desventajas o limitaciones principales:

1. la primera es la inestabilidad de los compuestos biológicos ya que pueden perder su actividad en horas o días.
2. La segunda limitación se debe a que la señal que puede registrar el biosensor está en un rango de un milímetro o un micrómetro.

Los biosensores se clasifican en dos tipos:

En función del biocomponente inmovilizado.

- Catalíticos o enzimáticos
- Afinidad
- Inmunobiosensor
- Proteínas de membrana
- Microorganismos

En función del transductor:

- T. electroquímicos

- T. ópticos
- T. calorimétricos/térmicos
- T. acústicos/térmicos

### **El primer biosensor a la venta**

En 1975 se convirtió en una realidad comercial, poniéndose a la venta el primer analizador de glucosa basado en la detección amperométrica de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) en Ohio. También en este mismo año se desarrolló el uso de bacterias para medir el alcohol en sangre

Un año antes se comenzó a usar transductores térmicos y los termistores enzimáticos. Posteriormente se comenzó a usar los biosensores basados en fibra óptica, que originaron la aparición de los denominados “optados”. Éstos se usaron en un primer momento para la determinación de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.

En un futuro los biosensores crearán nuevas formas de administrar medicamentos más directos y eficaces, también en el desarrollo de nuevos materiales para injertos.

Sin lugar a dudas la nanotecnología cambiará en gran medida la medicina.

### **Fuentes:**

<https://es.wikipedia.org/wiki/Biosensor/>,

<http://Historia de los biosensores>

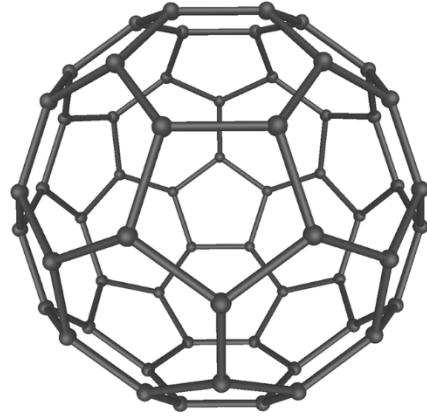
Biotecnología / <http://qué son los biosensores y para qué los podemos utilizar?> Revista de Divulgación Científica, CienciAcierta.

## **Energía**

Se espera que la nanotecnología pueda realizar importantes contribuciones para hacer frente a las demandas de energía limpia a gran escala. Richard E. Smalley (descubridor del fullereno) propuso

el desafío de distribuir 30-60 TW de energía libre de carbono en 2050.

Desde el aspecto energético, se señalan algunos objetivos que la investigación en nanotecnología debe afrontar. Algunos de estos son:



### **Encontrar métodos que permitan disociar el agua a partir de la luz solar**

La disociación del agua permite obtener H<sub>2</sub>, que puede utilizarse como combustible limpio.

### **Aumentar la eficiencia de la transformación fotovoltaica**

Uno de los problemas que presenta la implementación de la energía solar fotovoltaica está relacionada con el coste de fabricación de los paneles tradicionales y su volumen (y peso), con respecto a su eficacia. Como indica A. Martínez de Aragón, Director Técnico del Departamento de Sistemas y Programas (División de Estudios de Sistemas, ESTEC), de la Agencia Espacial Europea, en el sector espacial, la miniturización tiene una influencia en el coste y por tanto en la viabilidad de una misión: el lanzamiento es uno de los factores de coste más altos y está directamente relacionado con la masa.

Se prevé que la utilización de nanomateriales en este campo reducirá drásticamente el coste de producción por debajo de la mitad. Cada célula solar será impresa en un polímero base flexible, y el rendimiento podría pasar del 15% de las células de silicio al 25%, o hasta el 40%, con la utilización de estos materiales. Como ejemplo, mencionamos la investigación desarrollada por científicos del Centro de Nanociencia en

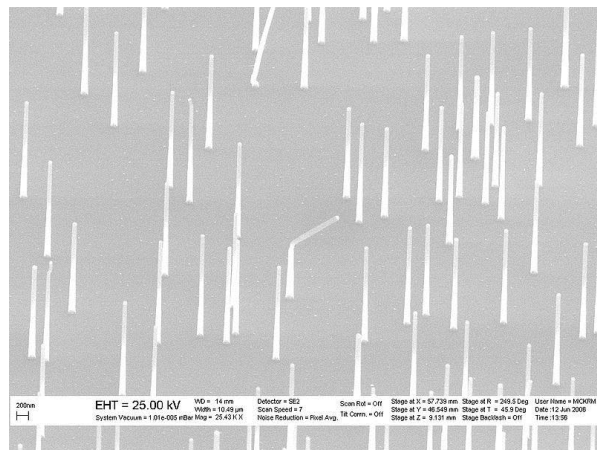


Imagen de Microscopio Electrónico de Barrido: crecimiento de estructuras de nanohilos a partir de nanopartículas de oro

el Instituto Niels Bohr, en Dinamarca, y la Escuela Politécnica Federal de Lausanne en Suiza, en la que han demostrado gracias el uso de **nanohilos** individuales puede concentrar hasta 15 veces

más la intensidad de la luz solar normal debido a las propiedades ópticas.

Un dispositivo nanoestructurado muy celebrado es la Celda Solar Graetzel por la que **Michael Grätzel** recibió en 2010 el **Premio de Tecnología del Milenio**. Esta célula, mediante un principio foto-electro-químico, transforma la energía solar en eléctrica. Presenta una eficiencia menor que los paneles convencionales, pero abarata mucho el costo de fabricación.

Hemos hablado de muchas situaciones que se revolucionarían con nanotecnología, pero también cabe destacar la mejora de combustibles, materiales innovadores, almacenamiento, iluminación...

**A la vista de lo leído, ¿nos imaginamos colonizar Marte sin la nanotecnología?**

#### **Fuentes:**

Nobelprize.org. *Richard E. Smalley – Facts.*

El Mundo. Crónicas del Cosmos. *La revolución astroquímica aterriza en Toledo.*

Blogthinkbig.com. *Nanocables, una tecnología para crear paneles solares más eficientes.*

ESA. *Future Applications of Micro/Nano-Technologies in Space Systems.*

Wikipedia. Celda Solar Graetzel.

HyperSolar.

Tecun. Rincón Técnico. *Nanotecnología y Energía.*

Universitat Jaume I. Grup de dispositius fotovoltaics i optoelectrònics. Juan Bisquert. *Sistemas electroquímicos y nanotecnología para el almacenamiento de energía limpia.*

## **Nanorobots**

Los nanorobots son máquinas del tamaño de 50nm o 5 moléculas cuyo principal objetivo es el uso médico:

Partículas capaces de entrar en las células cancerígenas y destruirlas o de liberar distintas sustancias en nuestro organismo

Actualmente podemos diferenciar dos tipos de nanorobots en la medicina:

- Los autopropulsados: El mayor problema de este tipo de robots es que los primeros prototipos están propulsados por peróxido que es altamente tóxico, un combustible alternativo podría ser la glucosa.
- Los dirigidos de forma externa: Los científicos juegan con imanes para controlar los movimientos de este tipo de nanorobots, que tienen las mismas aplicaciones que los anteriores. Hoy en día esta es la idea más viable ya que las ondas magnéticas no son nocivas para nuestro organismo.

Pero la mayoría de los científicos coinciden en que lo ideal serían nanorobots híbridos que combinaran las dos formas de propulsión.

También se están desarrollando aplicaciones en otras áreas como el **medioambiente**.



Imagen obtenida de Scinews

- Filtración de agua: La purificación de agua mediante nanotecnologías se consigue aprovechando nanomateriales como los nanotubos de carbono y las fibras de alúmina para la nanofiltración.
- Absorbentes de petróleo: Las fugas de aceite en zonas marinas son muy preocupantes y acarrear graves consecuencias para el medio ambiente. Se está investigando un nuevo enfoque mediante el uso de nanomateriales, modificados con moléculas que repelen el agua, para mejorar la interacción con el petróleo. Estos materiales presentan una superficie muy amplia de manera que pueden absorber dieciséis veces su peso. Actúan como una esponja: cuando el combustible fósil se ha absorbido, la “esponja empapada de petróleo” se puede eliminar fácilmente.
- Plásticos biodegradables: El uso generalizado de envases de plástico tiene un impacto ecológico negativo. Es necesario disponer de materiales de envasado ecológicos. Las soluciones actuales utilizan algunos polímeros naturales llamados biopolímeros; sin embargo, muchos de ellos presentan numerosas limitaciones, por ejemplo, propiedades barrera a humedad bajas y propiedades mecánicas débiles. Una posible solución consistiría en incluir nanopartículas en el biopolímero para crear un “bionanocompuesto”, con mejores propiedades mecánicas, y además completamente degradable.



## Fuentes:

[scientificamerican](#)

[nanopinion](#)

[mirror.co.uk](#)

# En el espacio...

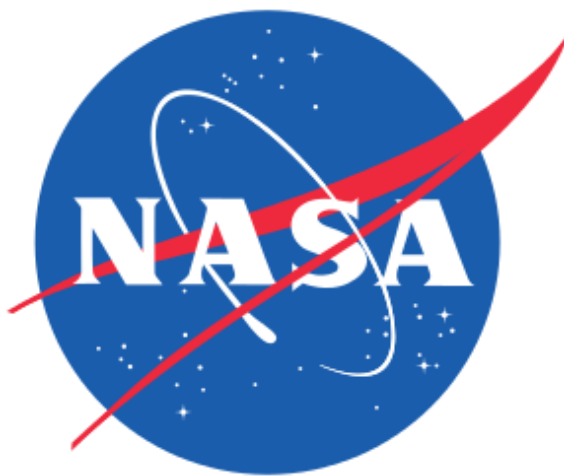
*Los avances constantes en la miniaturización están dirigiendo a los tecnólogos más allá de la escala donde las leyes de Newton gobiernan el mundo y dentro de el campo de la Nanotecnología. Dentro de el inimaginablemente diminuto espacio de 100 por 100 manómetros – una millonésima parte de el área del punto al final de esta oración – una asombrosa colisión de la física, la biología, y la informática está a punto de tomar lugar.*

*Los desarrollos en nanoespacio definirán este siglo, así como la electrónica definió al siglo pasado.*

*Centro de investigación AMES. NASA*

Desde sus inicios, los avances en nanotecnología han sido muy observados desde cerca por la NASA y la ESA debido a su posible aplicación en la exploración espacial.

La NASA ha puesto grandes expectativas en los nanomateriales debido a sus propiedades conductors, y para la mejora de la resistencia de naves.



Uno de los científicos que dio más posibilidades de la nanotecnología fue Harry Partridge, responsable de la división de nanotecnología de la NASA y que se aventuró a decir que en un futuro la nanotecnología podría resultar fundamental para la exploración espacial, ya sea con novedosos trajes espaciales auto reparables o nanomateriales más resistentes y ligeros y de menor tamaño que serían muy útiles para

dispositivos espaciales.

El objetivo de los laboratorios que tiene la NASA distribuida por todo el país, es la de manipular materiales a escala atómica, para crear materiales inteligentes nanorobots (con la función de rovers), trajes autocurativos... Al conseguir ordenar y estructurar la materia a nivel molecular, surgen nuevas propiedades sorprendentes como las de los nanotubos que despiertan el interés de muchas instituciones.



robotics.jpl.nasa.gov

extraordinarias: entre otras, 100 veces más fuerza tensora que el acero pesando solo una sexta parte de éste, o multiplicar por 40 la fuerza de las fibras de grafito. También su excelente conductividad del calor o tener mayor conductividad eléctrica que el cobre.

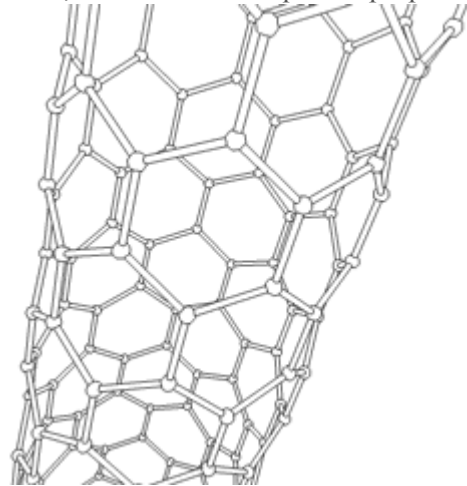
Debido a esto gran parte de la investigación actual sobre nanotecnología se centra en los nanotubos.

Os vamos a explicar cuáles han sido las principales aplicaciones pensadas para ellos:

- **Nanorobots espaciales:** La ventaja sería la cantidad de nanorobots que se pueden enviar, y la superficie que cubrirían.
- **Nanopartículas en trajes espaciales:** La principal aplicación de estas nanopartículas en trajes espaciales sería monitorear las condiciones del traje: presión, temperatura...

La NASA también estaría interesada en estas aplicaciones en trajes, para evitar la radiación espacial, mejor dicho, la monitorización del traje, cosa que podría ser útil en viajes tripulados a Marte. El director del centro de nanotecnología biológica de la Universidad de Michigan, James Baker, ya emitió un comunicado en el que anunciaba a la comunidad científica que habían sido capaces de desarrollar un método mediante el cual analizar estas nanopartículas desde el exterior, a pesar de que fueron ellos quien dijeron que quedaba mucho por desarrollar.

Cuando los científicos disponen los mismos átomos que podemos hallar en el grafito o el diamante en un ordenamiento tipo alambrea y los enrollan en tubos a 10 átomos de distancia, los nanotubos adquieren propiedades



Original hochgeladen von SchwarzM

## Ascensor Espacial

Actualmente este es uno de los temas que más se trata en relación a la nanotecnología. La NASA lleva invertidas grandes cantidades de dinero para acelerar el proceso de la construcción de este ascensor para intentar recortar plazos al máximo y hacer que sea una realidad dentro de unos 15 años.

La idea original de 1966 se ha ido desarrollando por muchos científicos y en la actualidad se pretende realizar a partir de un cable de más de 3600 km de longitud colocado en la costa de enfrente de la India en el ecuador de la tierra de manera que no interrumpirse la monitorización de ningún satélite. Sería una forma de transportar cualquier cosa el espacio con mucho menos coste y de forma



más rápida y eficiente, para que éste sensor fuese posible se utilizaría un cable con una gran carga electromagnética que cumpliese las leyes principales de la física y que sería capaz de transportar más de 12 toneladas.

La conclusión que se puede obtener de todo esto es que en algún momento dentro de unos años la nanotecnología será muy útil en nuestras vidas y que la exploración espacial puede ser una de las grandes beneficiadas de este desarrollo nanotecnológico. Algunos lo clasifican como futurista pero la posibilidad está ahí y se debe trabajar para intentar conseguirlo ya que tenemos el ejemplo de la vida humana como el máximo exponente de las capacidades de la nanotecnología.

### Fuentes:

NASA. Educación. La ciencia de la nanotecnología puede llevar a mejoras drásticas en la exploración del espacio.

SkyStars. *Nanotecnología en el espacio: el futuro del ser humano.*

Wikipedia. *Ascensor espacial.*

Revistas Bolivianas. Revista de Información, Tecnología y Sociedad. *Nanotecnología en la exploración espacial.*

NASA. Centro de investigación AMES. *Nanotecnología.*

# Impacto ambiental

Toda actividad humana produce contaminación, por lo que se debería intentar o reducirla o sustituir nuestros sistemas actuales por unos más sostenibles. La nanotecnología puede ayudar a reducir efectos catastróficos, pero si se utiliza de manera distinta a otras tecnologías que terminan en: efecto invernadero, calentamiento global...Y es que los productos nanotecnológicos pueden producir un impacto tanto positivo como negativo en el ambiente. Vamos a comentar algunas situaciones:

## Tratamiento del agua

Como ya comentábamos en este post (*Filtro de grafeno permite convertir agua salada en potable*), la filtración del agua se conseguiría aprovechando las propiedades de los nanotubos de carbono ya que eliminarían muchas impurezas.

## Absorbentes de petróleo

Son aerogeles con la capacidad de absorber hasta 16 veces su peso en petróleo y repeler el agua, para evitar catástrofes en el mar.

## Plásticos biodegradables

Frente a la dependencia del ser humano de plástico aparece la nanotecnología como alternativa a los biopolímeros con numerosas limitaciones. El acoplamiento de nanopartículas a estos biopolímeros generaría un *bionanopolímero* que vería mejoradas las propiedades sustancialmente y que mantendría su biodegradabilidad.

## Riesgos en tratamiento de suelos y aguas

Se está investigando si estas nanopartículas pueden ser perjudiciales para el suelo o las plantas, se conoce que las biodegradables como las de los plásticos no.

## Mejora de las baterías electrónicas

Baterías fabricadas con silicio y nanometales pueden ser mucho más baratas y duraderas.

## Mejora de las células solares

Como ya nos comentaba Verónica Tricio (*Nanoentrevistas/ Verónica Tricio Gómez*), la aplicación de nanomateriales en células solares podría hacer que el aprovechamiento de energía y eficiencia fueran mayores. Este desarrollo de la energía solar podría ser el primer paso para el abandono de combustibles fósiles en todo el mundo. La clave podría estar en imitar el proceso de la fotosíntesis que ocurre en las plantas.

## Catalizadores

La nanotecnología y en particular los nanomateriales harían que los catalizadores mejorasen, así de esta forma se podrían conseguir reacciones químicas más rápidas, ahorrando una gran cantidad de energía y obteniendo menos residuos, lo que resultaría fundamental para el medio ambiente.

Es ahora el momento del debate y de que los gobiernos creen una regulación sobre la nanotecnología, ya que se espera que muchas de estas propuestas estén en activo en el año 2025.

¿Lograremos estos dos objetivos: que la nanotecnología no sea un nuevo elemento contaminante en nuestro entorno y que ayude a “arreglar” los desperfectos del planeta? Lo veremos muy pronto...

### Fuentes:

NanOpinion. *Nanotecnología y el medio ambiente*.

Canal Youtube TED Talks. *Michael Pritchard vuelve el agua sucia en agua potable*.

The Project on Emerging Nanotechnologies.

## 3. Nanontrevistas

En este apartado del blog se presentan diversas entrevistas a investigadores y miembros de universidades, que nos han ayudado a desarrollar nuestro conocimiento sobre este ámbito e incluso prestado material y espacio para ello. A parte de la entrevista encontraréis la descripción de cada persona en nuestro blog.

### Jesús Martínez Frías



En esta entrevista nos centramos en la exploración espacial y el papel en este de la nanotecnología.

# Nicolás A. Cordero Tejedor

Aquí descubrimos la opinión de Nicolás sobre un ascensor espacial o trajes resistentes a la radiación a demás de en que puede ayudar la nanotecnología al desarrollo espacial



# Verónica Tricio Gómez



Verónica nos comenta la relación entre la nanotecnología y las energías renovables. También le preguntamos sobre sus expectativas en la nanotecnología (ya que muchos piensan que no dará resultados). Finalmente nos comenta porqué apostar por la nanotecnología y que es para ella la satisfacción científica.

# Eduardo Sáenz de Cabezón

Eduardo nos responde a nuestra duda: ¿que papel juegan las matemáticas en la nanotecnología?



## 4. Nanoexperiencias

### Hidrofobia

Las hojas de muchos vegetales presentan una característica que les permite repeler las gotas de agua sin llegar a mojarse realmente. Este fenómeno recibe el nombre de hidrofobia.

Las superficies de las hojas están recubiertas por ceras hidrofóbicas

Hemos comprobado que, en otras plantas, como el tulipán o el lirio, las hojas tienen un comportamiento superhidrófobo, también llamado “efecto Lotus”, debido a que es un comportamiento que experimenta la flor de Loto.



Comportamiento superhidrofóbico de algunas hojas de plantas. Izquierda: tulipán; derecha: lirio.

Esto ocurre porque, a pesar de su apariencia, las hojas de las plantas presentan unas nano-rugosidades que impiden que el agua haga un contacto pleno con la superficie de la hoja, lo que produce ese efecto de repeler las gotitas de agua.

Actualmente se pueden encontrar muchos nanoproductos en el mercado con propiedades hidrofóbicas desarrollados a partir del intento de imitar a la naturaleza.

¿Aplicaciones espaciales? ¡Pues alguna tiene! Y si no.... fijaos en este vídeo en el que el astronauta de la NASA, Scott Kelly, juega al ping-pong con dos gotas de agua utilizando unas palas recubiertas con un material hidrofóbico:

[https://www.youtube.com/watch?v=TLbhrMCM4\\_0](https://www.youtube.com/watch?v=TLbhrMCM4_0)

Seguramente esto tendrá muchas más aplicaciones en el espacio, como mantener a salvo de humedad la superficie de muchos instrumentos y disponer de elementos más fácilmente lavables.

**Más información sobre este fenómeno:**

Miradas naturales. *Hidrofobia y superhidrofobia.*

Proyecto NANO-SME. *Aplicaciones industriales de la nanotecnología.*

# Obteniendo grafeno

Obtener grafeno resulta muy sencillo. Como hicieron Geim y Novoselov en 2004 (lo que les valió el Premio Nobel de Física en 2010), basta con utilizar cinta adhesiva para, a partir de un trozo de grafito, obtener hojas cada vez más delgadas. Siguiendo así, llegará un momento en el que, en la cinta adhesiva tengamos solamente una lámina de grafeno.



Álvaro Colina y Jesús Garoz, del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Burgos, nos explican cómo obtener grafeno.

Precisamente, la dificultad de esta forma de proceder, es saber cuándo finaliza el proceso y cuando, efectivamente, tienes una lámina de grafeno en tus manos.

Para resolver este problema, es necesario utilizar el microscopio Raman, ya que el espectro que produce la vibración del grafito es distinto del espectro que

produce la vibración del grafeno. Como en muchas ocasiones ocurre en ciencia... una vez que se conoce el camino, ¡parece fácil!

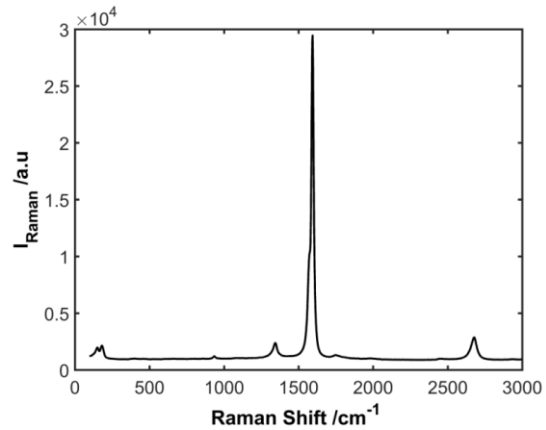
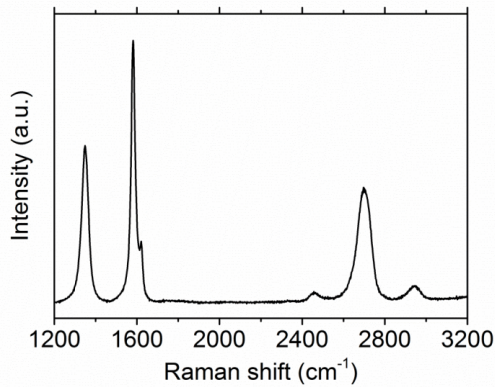
El espectro obtenido con espectroscopia Raman está relacionado con la vibración de las moléculas que se están analizando, y es característica no solo de cada tipo de moléculas sino de cómo se encuentran formando agregados. De esta forma, analizando una muestra, se puede identificar de qué se trata. Es como la huella dactilar.

En las imágenes siguientes (cortesía del Dr. Álvaro Colina, Área de Química Analítica, Universidad e Burgos), encontramos el espectro Raman de dos nanomateriales.



Microscopio Raman del Departamento de Química Analítica de la Universidad de Burgos.



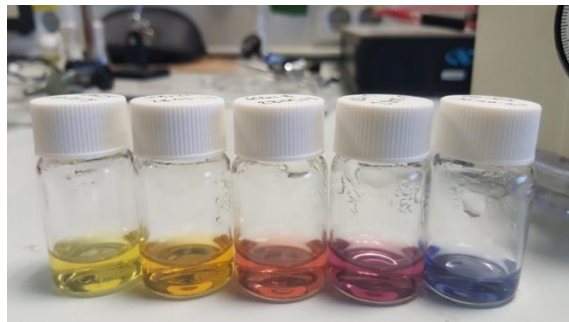


Espectro Raman de grafeno y de nanotubos de carbono

## Nanopartículas de oro

Esta experiencia nos resultó fascinante. Pudimos comprobar lo que tantas veces habíamos leído: que la materia no se comporta del mismo modo cuando *bajamos* a la escala nanométrica.

En concreto, hablamos de las nanopartículas de oro. Estas nanopartículas se están investigando en muchos ámbitos, en concreto en biomedicina. Una de los problemas que puede sufrir una tripulación en el espacio está relacionada con el desarrollo de tumores o cáncer, ¿qué



ocurriría si un tripulante desarrollara una de estas enfermedades cuando se encuentra a 8 meses de la Tierra? Tendrían que abortar la misión y mientras tanto, no podrían tratar al paciente. Se trata por tanto de buscar técnicas de diagnóstico precoz y de sistemas de transporte inteligentes



que liberen el fármaco en el sitio adecuado.

Con unos sencillos cálculos determinamos cómo preparar la disolución de ácido ascórbico necesaria

Para obtener las nanopartículas de oro, hemos partido de una sal de oro,  $\text{HAuCl}_4$ , y hemos preparado una disolución de ácido ascórbico 0,001 M.

Dependiendo de la concentración del ácido, se formarán distintos tipos de nanopartículas, ya que este actúa como agente estabilizador a medida que se van formando agregados.

Dependiendo de la concentración del ácido, se formarán distintos tipos de nanopartículas, ya que este actúa como agente estabilizador a medida que se van formando agregados.

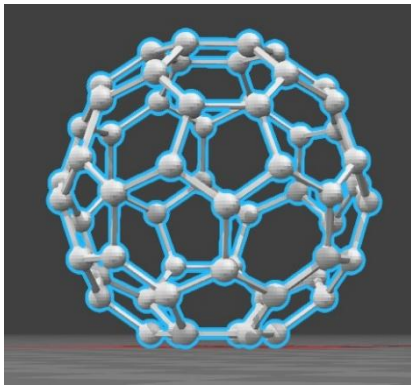
# Nanomodelos

Además de contribuir y aportar a hacer conocer entre la comunidad educativa (¡y hasta donde lleguemos!) lo que hemos aprendido en relación a la nanotecnología, estamos colaborando con el proyecto “[Diversidad Impresa](#)”, de forma que los modelos que imprimamos en 3D llevarán su nombre en braille. Estamos utilizando el programa [Tinkercad](#).



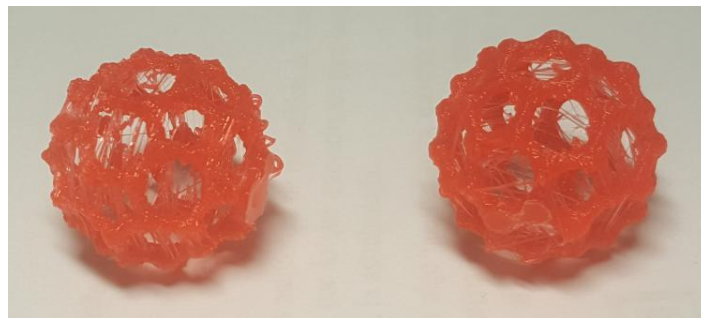
Nanotubo de carbono  
(modelo 3d)

# Fullerenos



Los fullerenos son moléculas compuestas por carbono las cuales podemos encontrar en distintas formas geométricas como una esfera, un tubo, un elipsoide o un anillo.

El carbono se puede hallar en tres formas moleculares; diamante, grafito y fullereno.



Modelos 3d de fullerenos

# 5. Enlaces y archivo del blog

## Enlaces

**Ames Research Center, NASA.** Investigación y desarrollo en aeronáutica y tecnología de exploración; también investigan en nanotecnología.

**ESA Advanced Concepts Team.** Este apartado de la Agencia Espacial Europea nos muestra algunas líneas de investigación que llevan a cabo en torno a la nanotecnología.

**ICN2,** Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia, es un instituto de investigación internacional centrado en los nuevos descubrimientos de las propiedades físicas y químicas que surgen del comportamiento de la materia en la escala nanométrica.

**IMDEA Nanociencia** es una fundación no lucrativa fundada por iniciativa del Gobierno de la Comunidad de Madrid que persigue acortar la distancia entre la investigación y la sociedad, además de proveer de capacidad de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en el campo de la Nanociencia. La fundación gestiona el Instituto de Nanociencia IMDEA, centro dedicado a la exploración de nanociencia y el desarrollo de aplicaciones de nanotecnología en conexión con la industria más innovadora.

**Kavli Foundation** (Oxnard, California) tiene como meta el hacer progresar la ciencia en beneficio de la humanidad promoviendo una mayor comprensión y apoyo público para los científicos y su trabajo. En particular, esta fundación organiza el **Premio Kavli en Nanociencia**, que se otorga a los logros sobresalientes en la ciencia y aplicación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de las estructuras y sistemas atómicos, moleculares, macromoleculares y celulares que se manifiestan en la escala nanométrica.

**NanomedSpain.** La Plataforma Española de NanoMedicina, es una iniciativa que pretende aglutinar los sectores españoles de la investigación, la industria y la administración, con el fin de impulsar una estrategia común en un campo tan sumamente multidisciplinar como es la nanomedicina.

**NanOpinion:** proyecto financiado por la Comunidad Europea que tiene por objetivo hacer un seguimiento de la opinión pública sobre las expectativas del ciudadano respecto a la innovación en nanotecnología. En este sitio podrás encontrar un repositorio de materiales y recursos multimedia muy interesantes.

**NanoSpain**, Red Española de Nanotecnología que promueve el intercambio de conocimiento entre grupos de investigación fomentando la colaboración entre universidades, instituciones y empresas.

## Blog

Hemos decidido reservar este apartado únicamente para el **blog** ya que lo que predomina en esta sección son que seleccionamos ya que nos pueden parecer útiles o interesantes. Al ser noticias recientes recomendamos visitar el blog directamente ya que las añadimos cada poco tiempo.